This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

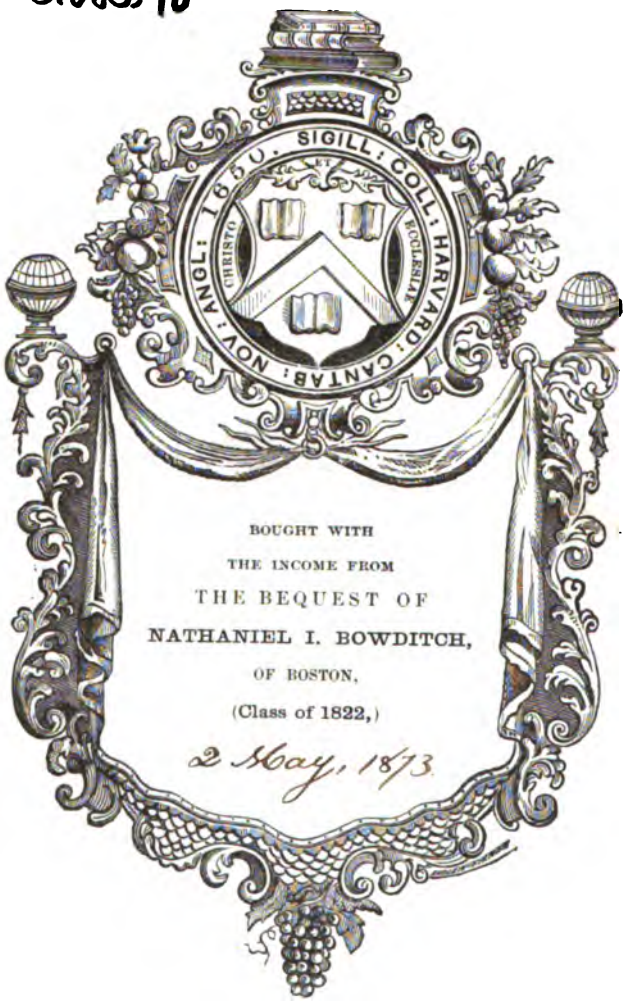
WIDENER LIBRARY
HX GZU6 8

Digitized by Google

324.94

+34.62

Sci1085.70



SCIENCE CENTER LIBRARY

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

REPERTORIUM

FÜR

EXPERIMENTAL-PHYSIK,

FÜR

PHYSIKALISCHE TECHNIK,

MATHEMATISCHE & ASTRONOMISCHE INSTRUMENTENKUNDE.

HERAUSGEGEBEN

VON

Dr. PH. CARL,

PROFESSOR DER PHYSIK AN DEN KGL. BAYER. MILITÄR-BILDUNGS-ANSTALTEN UND INHABER EINER PHYSIKALISCHEN ANSTALT IN MÜNCHEN.

FÜNFTER BAND

(DES „REPERTORIUMS FÜR PHYSIKALISCHE TECHNIK &c.")

TEXT.

MÜNCHEN, 1869.

VERLAG VON R. OLDENBOURG.

Digitized by Google

Sci1085.70

1873, May 8.
Bowditch Fund.

Digitized by Google

INHALT.

Seite.

Vorschlag zu fernerer Vervollkommnung des Mikroskops auf einem abgeänderten dioptrischen Wege. Von J. B. Listing, Professor in Göttingen 1

Ueber ein Spiegelgalvanometer zur objectiven Darstellung. Von Franz Exner. (Tafel III) 6

Ueber einen Gewichtssatz, dessen Gewichte nach Potenzen von 3 geordnet sind. Von E. Stahlberger. 10

Kravogl's electromagnetischer Motor. Von Dr. Victor Pierre. (Tafel I und II) 14

Ueber eine neue Art der Beobachtung an Heberbarometern. Von Dr. Al. Handl, Professor in Lemberg 30

Neue Electrisirmaschinen.

I. Die Kundt'sche Maschine. (Tafel III) 36

II. Zwei Influenzmaschinen in neuer Gestalt. Von Holtz. (Tafel IV) . 42

Magnetische Ortsbestimmungen. Zusammengestellt von Ph. Carl 45

Kleinere Mittheilungen:

Cyon, die Brechungsquotienten des Glaskörpers und des Humor aqueus 56

Versuche über einige Capillarerscheinungen. Von A. v. Obermayer 56

Ueber die Grundformeln der Electrodynamik. Von Prof. Stefan . 57

Ueber eine neue Methode zur Bestimmung der Wärmecapacität von Flüssigkeiten. Von Dr. L. Pfaundler 59

Neuer Apparat zur Messung der thermischen Ausdehnung fester Körper. Von Dr. J. Müller (Tafel III) 60

Berichtigungen zu dem Aufsatze des Herrn Wand im V. Hefte des vorigen Bandes 63

Dr. Pincus's Chlorsilber-Kette 63

Schröder's Apparat zum Photographiren mikroskopischer Bilder . 64

Bibliographische Notiz 64

Beschreibung der selbstregistrirenden von der meteorologischen Commission der Royal Society an verschiedenen Orten von Grossbritannien und Irland aufgestellten Instrumente. (Tafel VII bis X) 65

Das registrirende Thermometer des Stuttgarter Polytechnikums. Von Prof. Dr. Zech. (Tafel V und VI) 92

Ueber Wagen und Wägen. Von Prof. Zech 102

Bericht über die von Gambey bei dem grossen Mauerkreise der Pariser Sternwarte befolgte Theilungs-Methode. Von A. Séguier 108

Digitized by Google

Seite

Kleinere Mittheilung:
v. Waltenhofen. Ueber die Grenzen der Magnetisirbarkeit des Eisens und des Stahles. 120
Beschreibung eines selbstregistrirenden Meteorographen. Von Dr. A. G. Theorell 121
Nachtrag, betreffend die neue Construktion des Mikroskops. Von Professor Dr. Listing 134
Die electrische Minenzündung und der magneto-electrische Minenzündapparat von Breguet. Von E. Keller, Artillerielieutenant 141
Anhang: Literatur über Minenzündung 149
Ueber eine Reproduction der Siemens'schen Widerstands-Einheit. Von Fr. Dehms, Telegraphen-Secretär in Berlin. (Tafel XIII) 151
Magnetische Ortsbestimmungen. (Fortsetzung.) Gesammelt von Ph. Carl . . 163
Das Prüfen und Wählen der Photographen-Objective. Von Dr. Adolph Steinheil. (Tafel XVIII) 193
Ueber eine Anwendung des Spectralapparates zur optischen Untersuchung der Krystalle. Von L. Ditscheiner 211
Ueber die durch planparallele Krystallplatten hervorgerufenen Talbot'schen Interferenzstreifen. Von L. Ditscheiner. (Tafel XV und XVI) . . . 225
Apparat für die electro-magnetische Rotation von Flüssigkeiten. Von Bertin. (Tafel XIV) 249
Apparat um die Wirkung hohler Magnete zu zeigen. Von Bertin. (Taf. XIV) 254
Untersuchungen über die Fortpflanzung des Schwefelwasserstoffs beim Durchgange durch verschiedene Gase. Von Dr. H. H. Hildebrandsson . . 257
Ueber die Veränderlichkeit der Wirkungen der Influenz-Electrisirmaschine. Von Ph. Carl 279
Ueber ein neues Spectroscop nebst Beiträgen zur Spectralanalyse der Gestirne. Von J. C. F. Zöllner 287
Meteorologische Instrumente:
Der registrirende Anemometer von Prof. Dr. Ferd. Brusotti zu Pavia. (Taf. XIX) 298
Der electrisch registrirende Anemometer der k. Sternwarte zu Modena. Beschrieben von Prof. Domenico Ragona. (Tafel XX) 304
Ueber das neue Minimum- und Maximum-Thermometer von Hermann und Pfister in Bern. Von Prof. Dr. R. Wolf. (Tafel XIV) . 314
Das Tiefen-Thermometer von Henry Johnson. (Tafel XIV) . . . 317
Ueber die Reduction von Gewichtssätzen. Von Dr. Rich. Rühlmann . . . 320
Kleinere Mittheilungen:
Apparat zur objectiven Darstellung der Ausdehnung fester Körper durch die Wärme. Mitgetheilt durch Dr. H. Schellen aus Cöln. (Tafel XVII) 326
Apparat zur Demonstration der Zusammenziehung der Körper durch die Temperaturerniedrigung. Mitgetheilt durch Dr. H. Schellen aus Cöln. (Tafel XVII) 331
Nachtrag zu dem Aufsatze: Ueber die Reduction feiner Gewichtssätze etc. Von Dr. K. L. Bauer 332
Anleitung zur Anstellung meteorologischer Beobachtungen und Sammlung von Hilfstafeln, mit besonderer Rücksicht auf die meteorologischen Stationen in Oesterreich und Ungarn. Von C. Jelinek 335

Digitized by Google

Seite

Beleuchtung des Gesichtsfeldes in einem gebrochenen Fernrohre. Von A. Repsold & Söhne 336

Ueber die neueste Gestalt meines Polaristrobometers (Saccharimeter, Diabetometer). Von H. Wild. (Tafel XIX) 337

Ueber die Grenzen der Magnetisirbarkeit des Eisens und des Stahles. Von Dr. A. v. Waltenhofen 351

Anhang 365

Ueber oscillatorische Bewegungen der Electricität. Von Geheimrath Dr. Helmholtz 369

Nachtrag zu der Mittheilung: Ueber die Veränderlichkeit der Wirkungen der Influenz-Electrisirmaschine. Von Ph. Carl 366

Ueber die bei unterbrochenen Strömen entwickelte Wärme. Von Jamin und Roger 380

Kleinere Mittheilungen:

Ueber eine Einrichtung der Wage zu Wägungen mit bloss zwei Gewichtsstücken. Von Ph. Carl 389

Spectralapparat für Microscope. Von Sigm. Merz. (Tafel XXI.) . 390

Die Microscope von S. Merz in München 391

Bemerkung zu einer Notiz von Herrn E. Mach, betr. die Theorie der Drehung von Poinsot. Von R. Radau 393

Bemerkung über die Intensitäts-Boussolen. Von R. Radau . . . 394

Kaiser's Influenz-Electrisirmaschine. (Tafel XXV.) 395

Digitized by Google

Digitized by Google

Vorschlag zu fernerer Vervollkommnung des Mikroskops auf einem abgeänderten dioptrischen Wege.

Von

J. B. Listing.

Professor in Göttingen.

(Aus den Göttinger Nachrichten vom Herrn Verfasser freundlichst eingesandt.)

Die ausgezeichneten Mikroskope von E. Hartnack in Paris, welche auf der letzten dortigen Ausstellung das grösste Lob geärntet, haben mich veranlasst, ein bereits seit längerer Zeit in's Auge gefasstes dioptrisches Princip der Construction des Mikroskops neuen Untersuchungen zu unterziehen. Die Versuche, welche ich mittelst eines der neueren Objectivsysteme des Hrn. Hartnack von mässiger Stärke, wobei sich die beabsichtigte Steigerung der Leistung am bequemsten prüfen liess, angestellt habe, sind von so günstigem Erfolg gewesen, dass ich glaube, nicht unterlassen zu dürfen, die mit diesem Zweige vertrauten Künstler hierauf aufmerksam zu machen.

In unseren bisherigen Mikroskopen, welche in ihrer dioptrischen Anordnung dem astronomischen Fernrohr analog sind, kommt nur ein reelles Bild des Objectes in einem der Zwischenräume zwischen den verschiedenen das Instrument zusammensetzenden Linsen zu Stande, aus welchem durch die darauf folgenden brechenden Flächen dasjenige virtuelle Bild hervorgeht, das dem Auge dargeboten wird. Mein Vorschlag geht nun dahin, statt Eines reellen Bildes deren zwei einzuführen und auf diese Weise statt zweier drei successive Partialvergrösserungen durch das Instrument zu bewirken. Der blossen Steigerung der Vergrösserung steht freilich dioptrisch kein Hinderniss im Wege, ich erinnere nur an die Verlängerung, die man dem Rohr ertheilen könnte, d. h. an die Vergrösserung des Abstandes zwischen Objectiv und Ocular. Die Steigerung der Leistungsfähigkeit stellt indess neben der zu verstärkenden Vergrösserung noch andere Forderungen, die sich auf die Definition und Penetration beziehen. In

Digitized by Google

letzterer Hinsicht nun waren meine früheren an Instrumenten verschiedener Herkunft vorgenommenen Versuche zwar Hoffnung erweckend, aber nicht entschieden genug, um den neuen Gedanken öffentlich zur Sprache zu bringen, während die diesmaligen Versuche unter Anwendung des Hartnack'schen Objectivsystems ein entschieden günstiges Resultat herausgestellt haben.

Die dem Mikroskop zu gebende Einrichtung wird von den mit dem Gegenstand Vertrauten am leichtesten verstanden werden, wenn man sich statt des gewöhnlichen aus zwei Linsen bestehenden Oculars eine Linsen-Combination substituirt denkt, wie sie die meisten aus vier Linsen bestehenden Oculare der terrestrischen Fernrohre darbieten. Die beiden erwähnten reellen Bilder finden sich alsdann das eine vor der ersten Ocularlinse, das andere zwischen den beiden letzten. Die zum Ocularsystem bei den Versuchen benutzten Linsen rührten theils von Fraunhofer, theils von englischen und französischen Künstlern her; die mittelst Pleurosigma angulatum angestellten Prüfungen ergaben bei nahezu in gleichem Schritte gesteigerter Penetration eine Erhöhung der Vergrösserung um 20, 28, 55, 97 und 137 Procent — im letzteren Falle freilich nicht ohne unwillkommene Beeinträchtigung der Grösse des Gesichtsfeldes — im Vergleich mit derjenigen Vergrösserung, nämlich 300, welche das Objectivsystem (Nr. 7) in bisher üblicher Combination mit dem Ocular Nr. 3 von Hartnack bei einer Rohrlänge von 20 Centimetern darbietet. Der Vergleich dieser Versuche mit den früheren aber stellte den hohen Grad von Penetrationsvermögen der neueren Objectivsysteme des genannten Künstlers heraus, welches, in der zeitherigen Combination zum grossen Theil gleichsam latent, bei dem hier vorgeschlagenen Modus erst zur vollen Entfaltung gelangt. Dem gegen die Neuheit des Vorschlages etwa gerichteten Einwande, dass das Princip bei manchen mit sogenannten Erectoren versehenen Mikroskopen im Wesentlichen bereits angewandt worden sei, ist entgegenzuhalten, dass in solchen Fällen, wie im sog. Präparir-Mikroskope, die Vergrösserung in der Regel nur eine geringe sein durfte und die Erzielung eines aufrechten Bildes die Hauptsache war, während es sich hier um die Steigerung der Leistungsfähigkeit des Instruments handelt und die aufrechte Stellung der Bilder, wiewohl eine willkommene Zugabe, nur von vergleichungsweise untergeordneter Bedeutung ist.

Künstler, welche den hier zum Vorschlag gebrachten neuen Weg

Digitized by Google

zu betreten gedenken, werden für die beiden ersten Glieder des Ocularsystemes mit Vortheil achromatische Combinationen*) mit Oeffnungen von 15 bis 20 Millim. und dazwischen liegender Blende von 6 bis 9 Millim. Weite statt einfacher Linsen wählen, und den beiden letzten wesentlich die gewohnte Einrichtung des Huyghens'schen Oculars geben. Ausser der Rücksicht auf Freiheit von beiden Arten der Abweichung ist wesentlich auch die auf ein durch das ganze Gesichtsfeld planes Bild zu nehmen. Die Rohrlänge betreffend, so war in dem obigen Falle einer um 97 Procent, also nahe auf das Doppelte gesteigerten Vergrösserung die ganze Länge des Instrumentes 420 Millimeter, während eine Länge von 500 Millim. noch keine unbequeme sein würde, zumal wenn demselben die bei englischen Mikroskopen übliche und zweckmässige Einrichtung der Schrägstellung gegeben wird. Bei starker Vergrösserung wird die Zuhülfenahme der in England schon seit geraumer Zeit vervollkommneten auch für schiefe Beleuchtung eingerichteten achromatischen Condenser nothwendig.

Um einen paradigmatischen Fall einer hohen Vergrösserungsziffer zu geben, nehmen wir ein Objectivsystem von 1 Millim. äquivalenter Brennweite an. Fällt das erste reelle Bild in 200 Mm. Entfernung vom zweiten Hauptpunkte dieses Systems und stellt das Ocularsystem für sich allein betrachtet ein Mikroskop von 25maliger Vergrösserung dar, so würde die Vergrösserung der Combination 5000 bei einer Rohrlänge von 450 Millimeter.

Unerlässlich aber bleibt die Anwendung eines Objectivsystems, welches, wie die der bekannten ersten englischen Künstler oder die neueren von Hrn. Hartnack, mit der heutzutage erzielten Vervollkommnung ausgestattet sind.

Die dioptrischen Cardinalpunkte eines Mikroskopes, als eines aus beliebig vielen Linsen von gemeinsamer Axe bestehenden Systemes ordnen sich für ein Instrument der bisher üblichen Art, so wie bei

---

*) Ich möchte bei dieser Gelegenheit der zeither noch allzusehr vereinzelten Anwendung des Quarzes — natürlich unter Coincidenz der optischen Axe des Krystalls mit der geometrischen Axe der Linse — für die optischen Instrumente das Wort reden. Schon der in Vergleich zu den currenten Crownglassorten höhere Brechungsindex neben entschieden geringerer Dispersion macht auch abgesehen von dem Vorzug der grösseren Dauerhaftigkeit und optischen Unveränderlichkeit den Quarz für diese Verwendung in hohem Grad empfehlenswerth.

Digitized by Google

einer dispansiven oder Hohllinse.*) Bezeichnen E, E' die Hauptpunkte des ganzen Systems, F, F' die beiden Brennpunkte, G, G' die beiden Nebenpunkte, so stehen dieselben auf der optischen Axe in der Ordnung $EFGG'F'E'$, wo $EF = FG = G'F' = F'E' =$ der negativen Brennweite des ganzen Systems, und das sog. Interstitium EE' nahezu der ganzen Länge des Instrumentes gleich ist. Für den Fall einer 400maligen Vergrösserung wäre (die Sehweite von 200 Millim. zum Grunde gelegt) die Brennweite des ganzen Mikroskops — nicht zu verwechseln mit der (positiven) Brennweite des Objectivsystems — gleich negativ 0.5 Millim. Für ein Instrument der neuen Einrichtung dagegen würde die Anordnung jener Punkte sein $GFEE'F'G'$, die Brennweite FE wäre in diesem Falle positiv, d. h. das Mikroskop würde einer collectiven Linse von sehr kurzer Brennweite und sehr grossem, auch hier der ganzen Rohrlänge nahezu gleichen Interstitium äquivalent sein. Für den oben angeführten Fall einer 5000maligen Vergrösserung würde sich die Brennweite des ganzen Mikroskops $= + {}^1/_{25}$ Millimeter herausstellen. Dem Objectivsystem dürfte im vorigen Falle die Brennweite von 3 Millim., in diesem von 1 Millim. gegeben werden.

Ich füge dieser Notiz noch zwei Bemerkungen hinzu.

Die erste betrifft den Modus der Bezeichnung oder Nummerirung der optischen Hauptbestandtheile des Mikroskops. Die in England seit Langem übliche Art, die Objectivsysteme nach der äquiv. Brennweite zu bezeichnen, ist empfehlenswerth, nur sollte, da man jetzt schon bis „a twenty fourth of an inch“ und weiter vorgeschritten ist, das Millimeter statt des englischen Zolles als Einheit dienen, ein Wunsch, der selbst in England um so leichter Gehör finden dürfte, als man auch dort in letzter Zeit der Annahme des metrischen Systems wenigstens für wissenschaftliche Zwecke geneigt geworden ist. Die sonst übliche Art der Bezeichnung nach Nummern ist lediglich conventionell und bei jedem Künstler anders. Hr. Hartnack hat die vormals Oberhäuser'schen Nummern 1—10 der Objective bis auf Nr. 18 erweitert. Es ist zu wünschen, dass jeder Verfertiger neben seiner Nummer auch die Focalweite des Systems in Millimetern angebe. Das Gleiche gilt hinsichtlich der Oculare, wobei freilich vorausgesetzt werden muss,

*) Worauf ich bereits bei anderer Gelegenheit aufmerksam gemacht habe, s. Pogg. Ann 1866, CXXIX, 471.

Digitized by Google

dass deren Brennweite nach sachkundiger Methode bestimmt werde, eine Anforderung, die sich wenigstens an die Künstler ersten Ranges stellen lässt. Und ebenso wird man, falls dem gegenwärtigen Vorschlag demnächst von praktischer Seite wird Folge gegeben werden, künftig die Angabe der (negativen) Brennweite des drei- oder viergliedrigen Ocularsystems neben deren beliebigen Nummer erwarten dürfen.

Das Zweite betrifft einen bereits bei früheren Veranlassungen gemachten Vorschlag für den mikroskopischen Gebrauch überhaupt, der auch schon mehrfachen Anklang gefunden, nämlich das Tausendtel des Millimeters unter einem bequemen Namen — ich nenne es *Mikron* oder *Mikrum* und schreibe z. B. $2^{\mu}45$ statt $0^{mm}00245$ — als Lineareinheit bei mikrographischen Grössenangaben anzuwenden, wonach also im metrischen System vorzugsweise drei Lineareinheiten fast für alle Bedürfnisse ausreichen würden, das Meter, das Millimeter und das Mikrum, das erste für die physische Geographie, die Ingenieurwissenschaft und Architectur, das zweite für die feinere Technik und die Mehrzahl der Vorkommnisse in der Physik, das dritte für Mikrographie und physische Optik.

Digitized by Google

Ueber ein Spiegelgalvanometer zur objectiven Darstellung.

Von

Franz Exner.

(Hiezu Taf. III Figg. 6—8.)

(Dem Herausgeber von Herrn Professor v. Lang mitgetheilt.)

Das im Nachfolgenden von Prof. v. Lang zusammengestellte Spiegelgalvanometer erlaubt die mit diesem Apparate darstellbaren Erscheinungen auch in hellen Räumen und mit Anwendung gewöhnlichen Gaslichtes objectiv darzustellen. Es dürfte daher eine kurze Beschreibung desselben für Manche, welche denselben Zweck verfolgen, von Nutzen sein.

Der Apparat besteht im Wesentlichen aus einer Wiedemann'schen Spiegelbussole in Verbindung mit einer Beobachtungsskala, ähnlich der des Thomson'schen Sprechapparates des atlantischen Kabels (Carl, Rept. Bd. III. S. 259).

Statt des Stahlspiegels ist aber ein runder Planspiegel *b* (Fig. 6 Taf. III) von 3 Cm. Durchmesser angebracht, der aus sehr dünnem versilbertem Glase besteht. Auf der versilberten Seite ist mit Wachs eine magnetisirte Nähnadel horizontal aufgeklebt; ebenso wird der Spiegel auf seiner Rückseite mit Wachs an einen feinen Coconfaden befestigt.

Ferner ist die vordere Oeffnung der dämpfenden Kupferhülse, deren innerer Durchmesser 3.3 Cm. beträgt, statt durch ein planes Glas, durch eine planconvexe Linse *c* geschlossen, deren convexe Seite nach innen gekehrt ist.

In einer horizontalen Entfernung von 60 Cm. vom Spiegel befindet sich, mit dem gemeinschaftlichen Fussgestelle *Q* in fester Verbindung, ein vertikal aufgestelltes Brett, *g g* (Fig. 6), mit seiner Breitseite dem Magnetspiegel zugekehrt, also senkrecht zur Axe des Galvanometers. In dieses Brett ist ein Loch geschnitten zur Aufnahme einer abgestutzten Pyramide *k k* aus Pappe, jedoch so, dass die Ränder dieses Loches noch in die Basisöffnung der Pyramide hineinragen.

Digitized by Google

Fig. 7 zeigt die vordere Ansicht dieser Pyramide.

Hinter dem vertikalen Brette, in gleicher Höhe mit der in dasselbe geschnittenen Oeffnung, befindet sich die Flamme eines Argand'schen Gasbrenners, L, deren Intensität noch durch den dahinter aufgestellten Hohlspiegel P, dessen Oeffnung sowohl als Radius 10 Cm. betragen, nahezu auf das Doppelte gesteigert werden kann.

Die Entfernungen der einzelnen Theile von einander sind nämlich so gewählt, dass die Flamme des Gasbrenners ungefähr in die Brennebene der planconvexen Linse zu stehen kömmt. Durch die Reflexion an dem Spiegel und durch den nochmaligen Durchgang der Lichtstrahlen durch die Linse wird so ein Bild der Flamme auf der ober der Pyramide befindlichen, horizontal an das Brett $g\,g$ befestigten Papierskala p entworfen, auf deren Mittelpunkt das Bild bei normaler Stellung des Apparates einspielt.

Um diess zu erreichen, müsste die Linse eine Brennweite von nahezu 60 Cm. haben; beim vorliegenden Apparat wurde bei derselben Stellung der Skala auf ihr von einer Linse ein Bild entworfen, deren Brennweite nur 47 Cm. betrug; offenbar rührte diess davon her, dass der reflectirende Spiegel nicht plan war.

Diese ganze Einrichtung ist wesentlich, und die von Schellen bei der Beschreibung des Thomson'schen Reflexionsgalvanometers angegebene, mit einer Linse, in deren Brennpunkt der Spiegel steht, wegen Lichtschwäche bei dem vorgesetzten Ziele nicht zu gebrauchen, obwohl man natürlich auch auf diese Weise ein Bild der Flamme auf der Skala erhält.

Es wird durch die verstärkende Einrichtung mittelst des Hohlspiegels, der Pyramide und der planconvexen Linse vor dem Spiegel ein so helles Bild der Flamme auf der Skala erzeugt, dass man es sogar in einem mit Gas erleuchteten Saale noch deutlich und auf grosse Entfernung hin wahrnehmen kann. Es ist in den meisten Fällen gar nicht nöthig, einen Hohlspiegel anzuwenden, da das Bild der Gasflamme, ausser bei ganz besonders greller Aussenbeleuchtung, genügt, um deutlich gesehen zu werden. Um die Empfindlichkeit des Apparates noch zu steigern, kann man, ohne eine grosse Aenderung in der Lichtintensität hervorzubringen, das Brett $g\,g$ noch weiter vom Spiegel entfernen, vor welchen man dann auch eine andere Linse setzen muss, deren Brennweite der neuen Entfernung zwischen Skala und Spiegel entspricht.

Digitized by Google

Statt der Gasflamme lässt sich auch mit gleichem Erfolge ein Petroleum-Rundbrenner zur Beleuchtungsquelle benützen.

Wie bei allen Spiegelgalvanometern, muss, um den Apparat empfindlich zu machen, auch hier die horizontale Componente des Erdmagnetismus möglichst aufgehoben werden. Zugleich muss aber der Spiegel parallel der Skala zu stehen kommen. Letztere Bedingung erfüllt sich von selbst, wenn die Skala parallel dem magnetischen Meridiane steht. Doch wird eine solche Aufstellung nur selten in einem Auditorium möglich sein, falls eben die Skala überall gesehen werden soll.

Beide Aufgaben, die Vernichtung des Erdmagnetismus und die zur Skala parallele Stellung des Spiegels kann man dadurch lösen, dass man die horizontale Componente sich in zwei Componenten zerlegt denkt, A und B, wovon A parallel dem Spiegel B in irgend einer andern beliebigen Richtung wirkt.

Wird B durch einen Magnet M (Fig. 6) aufgehoben, so gibt A die gewünschte Stellung des Spiegels; die Lage von B wird man aber so wählen, dass A möglichst klein ausfällt. Die richtige Stärke des Magnetes M, der natürlich auch die Lage von B nur mit entgegengesetzter Anordnung der Pole haben muss, erhält man dadurch, dass man denselben so lange der Magnetnadel, also auch dem Spiegel, nähert, bis derselbe parallel der Skala steht; dann ist B aufgehoben.

Es sei in Fig. 8 MM' der magnetische Meridian, SS' die Ebene der Skala, ox die Stärke der horizontalen Componente des Erdmagnetismus; so ist dann oy unser B und oz unser A.

Je kleiner der Winkel yox gemacht wird, desto kleiner wird auch A. Der Magnet M muss dann in der Richtung oy gelegt und so lange durch untergeschobene Holzstücke erhöht und nöthigenfalls der Winkel yox etwas geändert werden, bis der Spiegel parallel der Skala steht.

Um die Vernichtung des Erdmagnetismus noch zu vervollständigen und die Einstellung des Spiegels zu verfeinern, ist vom Brette R (Fig. 1) zum Brette Q, in der Vertikale des Spiegels, ein Kupferdraht h gezogen, an dem sich eine kleine Magnetnadel, S, leicht auf und ab verschieben, sowie auch in horizontaler Richtung um denselben drehen lässt. Da man diese kleine Magnetnadel innerhalb hinlänglich weiter Grenzen dem Spiegel nähern oder von ihm entfernen kann, so wie ihr auch jedes beliebige Azimuth zu geben im Stande ist, so ist es leicht

Digitized by Google

möglich, den Spiegel in die zum Gebrauche des Apparates nöthige Stellung zu bringen, was man am Einspielen des Bildes der Flamme auf den Mittelpunkt der Skala ersehen kann.

Die Dimensionen der vorderen Oeffnung der Pyramide *k* sind so gewählt, dass gerade das Bild der ganzen Flamme auf der Skala erscheint; für genaue Beobachtungen ist diess natürlich nicht anwendbar, zu diesem Zwecke müsste man noch vor die Flamme eine Spalte stellen, so dass man auf der Skala nur eine Lichtlinie erhält, welche aber natürlich auf grosse Distanzen nicht sichtbar sein würde.

Der Apparat ergab bei der Untersuchung des musculus sartorius eines Frosches Ausschläge, welche über die ganze Skala hinausgingen, deren Länge 60 Cm. betrug.

Bei Nervenströmen erhält man einen Ausschlag von ungefähr 1 Cm., was auf eine grosse Entfernung freilich kaum bemerkbar ist; es unterliegt aber keinem Zweifel, dass bei Anwendung von grösseren Multiplicatorrollen auch diese Ströme in aller Deutlichkeit mit dem Apparate dargestellt werden könnten.

Digitized by Google

Ueber einen Gewichtssatz, dessen Gewichte nach Potenzen von 3 geordnet sind.

Von

E. Stahlberger.

Nicht ohne Interesse ist die Frage, welches Gesetz die Grösse von Gewichten befolgen muss, damit man mit ihnen bei kleinster Anzahl derselben alle möglichen Wägungen von Eins bis zu dem aus ihrer Summe sich ergebenden Maximalwerthe ausführen könne, wobei aber auch Differenzen der Gewichte zulässig sein sollen, so dass ein Theil der Gewichte auf der einen, ein anderer Theil gleichzeitig auf der andern Wagschale liegen darf. Die Frage nimmt vorwiegend ein theoretisches Interesse in Anspruch, gleichwohl hat sie auch ihre praktische Seite, indem unter sonst gleichen Umständen an ein Minimum von Gewichten auch ein Minimum von Fehlerquellen geknüpft ist.

Die Aufgabe reducirt sich auf die Aufsuchung des Gesetzes, nach welchem eine Zahlenreihe von der Beschaffenheit zu bilden ist, dass durch die Bildung aller möglichen Combinationen der einzelnen Glieder — selbe bald positiv bald negativ, jedoch jedes nur einmal genommen — alle möglichen ganzen Zahlen von Eins bis zur Summe aller Glieder zum Vorschein kommen.

Die fragliche Reihe ist, wie gleich gezeigt werden soll, die Reihe der aufeinander folgenden Potenzen von 3: 3^0, 3^1, 3^2, 3^3 . . . .
und ist nur ein specieller Fall eines allgemeinen Satzes der Zahlentheorie.

Jede ganze positive Zahl n lässt sich auf die Form

$$n = 3\,n_1 + (V_1 - 1)$$

bringen, wobei n_1 wiederum eine ganze positive Zahl ist, V_1 aber einen der Werthe 2, 1 oder 0 hat.

In analoger Weise hat man

$$n_1 = 3n_2 + (V_2 - 1),$$
$$n_2 = 3n_3 + (V_3 - 1)$$
$$. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad .$$

Digitized by Google

$$n_{s-1} = 3n_s + (V_s - 1).$$

Elliminirt man aus diesem Gleichungs-Systeme $n_{s-1}, \ldots . n_s$, n_1, so hat man

$$n = 3^s n_s + 3^{s-1}(V_s - 1) + 3^{s-2}(V_{s-1} - 1) + \ldots + 3^1(V_2 - 1) + 3^0(V_1 - 1).$$

Es ist nun klar, dass man, wenn die angedeutete successive Zerlegung der Zahlen n, n_1, n_2 .... beendigt ist, endlich zu einem $n_s = 1$ kommen muss. Wir haben somit $n = 3^s + 3^{s-1}(V_s - 1) + 3^{s-2}(V_{s-1} - 1) + \ldots + 3^1(V_2 - 1) + 3^0(V_1 - 1)$. Da aber nach obiger Voraussetzung jedes V entweder 2 oder 1 oder 0 gleich sein muss, so muss $V - 1$ entweder $+1$, oder 0 oder -1 gleich sein, d. h. die einzelnen der rechts vom Gleichheitszeichen stehenden Glieder verschwinden entweder, oder sie sind Potenzen von 3 mit dem Coëfficienten ± 1.

So ist z. B. $379 = 3^6 - 3^5 - 3^4 - 3^3 + 3^0$,

$1640 = 3^7 - 3^6 + 3^5 - 3^4 + 3^3 - 3^2 + 3^1 - 3^0$ u. s. w.

Die grösste Zahl N_s, welche sich auf diese Weise aus den Zahlen $3^s, 3^{s-1}, 3^{s-2} \ldots . 3^2, 3^1, 3^0$ darstellen lässt, ist $N_s = 3^s + 3^{s-1} + 3^{s-2} + \ldots + 3^2 + 3^1 + 3^0 = \frac{3^{s+1} - 1}{2}$ .... (1), die kleinste Zahl n_{s+1} jedoch, welche sich aus den Zahlen $3^{s+1}, 3^s, 3^{s-1} \ldots . 3^2, 3^1, 3^0$ bilden lässt, ist

$$n_{s+1} = 3^{s+1} - (3^s + 3^{s-1} + 3^{s-2} + \ldots + 3^2 + 3^1 + 3^0) = \frac{3^{s+1} + 1}{2},$$

es ist demnach n_{s+1} die von N_s nächst grössere Zahl. Da nun früher bewiesen worden ist, dass sich jede ganze positive Zahl in eine algebraische Summe von je einmal zunehmenden Potenzen von 3 zerlegen lässt, andererseits — wie eben bewiesen wurde — die kleinste Zahl n_{s+1}, welche bei Mitwirkung der Grösse 3^{s+1} erhalten werden kann, schon grösser ist als N_s, so geht daraus hervor, dass alle Zahlen von 1 bis $\frac{3^{s+1} - 1}{2}$ aus den Elementen $3^s, 3^{s-1} \ldots . 3^1, 3^0$ hervorgehen müssen.

Weil ferner $N_s = \frac{3^{s+1} - 1}{2}$ und $N_{s+1} = \frac{3^{s+2} - 1}{2}$, somit $N_{s+1} - N_s = 3^{s+1}$ ist, so sieht man, dass durch den Hinzutritt des Elementes 3^{s+1}, 3^{s+1} neue Combinationen entstehen, so dass also die Anzahl der durch den Hinzutritt eines neuen Elementes neu entstehenden Combinationen der Grösse dieses Elementes gleich ist. Durch den

Digitized by Google

Hinzutritt des Elementes 3^{13} zu den nächst kleineren erhält man z. B. $3^{13} = 1594323$ mehr Combinationen, als durch die Elemente 3^{12}, 3^{11}, ... 3^1, 3^0.

Uebrigens folgt aus dem Gesagten von selbst, dass jede ganze positive Zahl nur auf eine einzige Art in der angedeuteten Weise aus Potenzen von 3 darstellbar ist.

Um mittelst eines gewöhnlichen Gewichtssatzes alle möglichen Wägungen von 1 bis 1000 ausführen zu können, muss man folgende 13 Gewichte haben: 1, 1, 1, 2, 5, 10, 10, 20, 50, 100, 100, 200, 500, bedient man sich aber eines Gewichtssatzes von nachstehenden 7 Gewichten: 1, 3, 9, 27, 81, 243, 729, wobei aber Combinationen nach Summen und Differenzen anwendbar sein sollen, so kann man alle Wägungen von 1 bis 1093 vornehmen.

Bei einem gewöhnlichen Gewichtssatze, welcher Wägungen von 1 Mgr. bis 1000 Gramme ermöglicht, braucht man ausser den vorhin genannten 13 Gewichten, noch folgende 13:

0·001, 0·001, 0·001, 0·002, 0·005, 0·010, 0·010, 0·020, 0·050, 0·100, 0·100, 0·200, 0·500,

also im Ganzen 26 Gewichte, während nach der in Rede stehenden Methode für Wägungen von 0·001 bis 2391·484 blos die nachstehenden 14 Gewichte:

0·001, 0·003, 0·009, 0·027, 0·081, 0·243, 0·729, 2·187, 6·561, 19·683, 59·049, 177·147, 531·441, 1594·323

benöthiget werden.

Um die grösste Potenz von 3 rasch zu ermitteln, welche bei der Bildung einer gegebenen Zahl noch mitzuwirken hat, braucht man nur zu bedenken, dass in Gl. (1) N_2 die grösste Zahl bedeutet, für welche noch 3^2 ausreicht; stellt man aus dieser Gleichung die nachstehende $2 = \frac{log\,(2N_2 + 1)}{log\,3} - 1$ dar, so bedeutet darin 2 den kleinsten Exponenten von 3, welcher für die Bildung der Zahl N_2 noch hinreicht. Rechnet man demnach für irgend eine Zahl N den Ausdruck $\frac{log\,(2N + 1)}{log\,3} - 1$ und nimmt davon — weil er im Allgemeinen irrational sein wird — die nächst grössere ganze Zahl, so ist diese der gesuchte Exponent der höchsten Potenz von 3, welche bei Bildung der Zahl N noch vorkommen muss. Will man z. B. die Zahl 1000

Digitized by Google

darstellen, so hat man $\frac{log\ 2001}{log\ 3} - 1 = 5{\cdot}9\ldots.$, man hat demnach noch $3^6 = 729$ anzuwenden. Bei Bildung der Zahl 1000000 ist noch 3^{13} in Anwendung zu bringen, denn es ist $\frac{log\ 2000001}{log\ 3} - 1 = 12{\cdot}2$.

In der That ist $1000 = 3^6 + 3^5 + 3^3 + 3^0$ und

$1000000 = 3^{13} - 3^{12} - 3^{10} - 3^8 + 3^7 + 3^6 - 3^5 + 3^4 - 3^3 + 3^0$.

Schliesslich geben wir eine Zusammenstellung über die Art und Weise, wie sich die Gewichte eines gewöhnlichen, mit 1 Mgr. beginnenden und mit 500 Gramme = 500000 Mgr. endigenden Gewichtssatzes durch nach Potenzen von 3 gebildete Gewichte darstellen lassen. Hiebei gebrauchen wir die erleichterte Schreibweise, dass wir je die positiven und negativen Grössen zusammenfassen, die 3 je nur einmal schreiben und die Exponenten neben einander ansetzen, also z. B. schreiben $1000 = 3^{6,5,3,0}$ und $1000000 = 3^{13,7,6,4,0} - 3^{12,10,8,5,3}$.

$1 = 3^0$		$1000 = 3^{6,5,3,0}$	
$2 = 3^1 - 3^0$		$2000 = 3^{7,4,1}$	$- 3^{5,3,0}$
$5 = 3^2 - 3^{1,0}$		$5000 = 3^{8,6,2}$	$- 3^{7,4,3,1,0}$
$10 = 3^{2,0}$		$10000 = 9^{9,3,2,0}$	$- 3^{8,7,6,5}$
$20 = 3^{3,1} - 3^{2,0}$		$20000 = 3^{9,5,4,1}$	$- 3^{2,0}$
$50 = 3^4 - 3^{3,1,0}$		$50000 = 3^{10,3}$	$- 3^{8,7,5,4,1,0}$
$100 = 3^{4,3,0} - 3^2$		$100000 = 3^{11,7,5,0}$	$- 3^{10,9,6,4,3,2}$
$200 = 3^{5,3,2,1} - 3^{4,0}$		$200000 = 3^{11,9,7,6,5,2,1} - 3^0$	
$500 = 3^{6,3} - 3^{5,2,1,0}$		$500000 = 3^{12,9,8,7}$	$- 3^{10,6,4,2,1,0}$

Digitized by Google

Kravogl's electromagnetischer Motor.

Von

Dr. Victor Pierre.

(Hiezu Taf. I und II.)

(Wiener Sitzungsbericht LVII pag. 532.)

Durch die Gnade Sr. Majestät ist das Wiener Polytechnikum in den Besitz eines electromagnetischen Motors gelangt, der von dem Innsbrucker Mechaniker Kravogl auf der Pariser Weltausstellung exponirt wurde und ebensowohl durch seine originelle Construction wie durch seine Leistungsfähigkeit bemerkenswerth erscheint. In Bezug auf Letztere ist der Apparat zwar bereits von dem Herrn Dr. Edlen v. Waltenhofen, damals Professor an der Innsbrucker Universität, untersucht worden; die Resultate dieser Untersuchungen sind in Dingler's polyt. Journal Bd. CLXXXIII, Heft 6, veröffentlicht worden. Die Construction des Apparates aber blieb bisher Geheimniss. Der Verfasser ist nun in Folge brieflicher Ermächtigung des Erfinders in der Lage, sowohl über diese als über einige mit dem fraglichen Motor angestellte Versuche berichten zu können.

Die Einrichtung des Apparates und die Art und Weise seiner Wirkung wird mit Hilfe der beigegebenen Zeichnungen sofort verständlich werden. Fig. 1, Taf. I, zeigt denselben von der Seite aus, an welcher sich die Klemmen für die Leitungsdrähte der Batterie befinden, Fig. 2 derselben Tafel stellt einen auf die Drehungsaxe senkrechten Durchschnitt dar. Taf. II Fig. 1 stellt schematisch den Stromverlauf, die Fig. 2 und 3 Details dar.

Ein hohler Kranz von weichem Eisen (Fig. 1 und 2 *A*) umschliesst kapselartig achtzehn Spulen (Fig. 2, I bis XVIII), welche mit flachgedrücktem übersponnenem Drahte umwickelt sind und eine hohle kreisförmige Röhre von Messing (Fig. 2 *B*) einschliessen, innerhalb welcher sich ein bogenförmig gekrümmter Eisenkern (*C*), der beinahe die halbe Peripherie der Röhre einnimmt, auf drei Frictionsrollen (*D*)

Digitized by Google

leicht bewegt. Derselbe ist an zwei Stellen (E und E') ausgehöhlt und die Höhlungen sind mit Quecksilber (oder Blei) ausgefüllt. Rings um die Axe des Rades sind achtzehn Kupferwürfel (1 bis 18) in einem Kreise von circa 3 Centimetern Radius gruppirt, von denen drei (1, 7 und 13) in der Mitte so gespalten sind, dass die beiden Hälften von einander isolirt sind. Jeder Würfel ist in eine der 18 hölzernen Speichen des Rades eingelassen und zwischen je zwei Radspeichen liegt an der Peripherie des Rades eine Drahtspule, während in der Speiche selbst von einander isolirt das Ende des Umwicklungsdrahtes der vorangehenden und der Anfang des Umwicklungsdrahtes der folgenden Spule zu dem der Speiche angehörigen Kupferwürfel verlaufen und mit diesem leitend verbunden sind. An den gespaltenen Würfeln 1, 7 und 13 ist das eine Drahtende mit der einen, das zweite mit der zweiten (von der ersten isolirten) Würfelhälfte leitend verbunden. Es geht also von der einen Hälfte des Würfels 1 aus eine continuirliche Leitung durch Spule I nach Würfel 2, von diesem in Spule II nach Würfel 3, von diesem wieder in Spule III u. s. f. bis zur ersten Hälfte des Würfels 7, somit durch 6 Spulen. Ebenso besteht continuirliche Leitung durch 6 Spulen von der zweiten Hälfte des Würfels 7 aus bis zur ersten Hälfte des Würfels 13, und von dessen zweiter Hälfte bis zur zweiten Hälfte des Würfels 1. Sind daher die Poldrähte einer Batterie mit zwei Würfeln in Contact, die beide zwischen zwei gespaltenen Würfeln liegen (3 und 6, Fig. 2), so geht der Strom durch alle zwischen den betreffenden zwei Würfeln eingeschlossenen Spulen (also von 3 nach Spule III, Würfel 4, Spule IV, Würfel 5, Spule V, und durch Würfel 6 zur Batterie zurück), aber nicht durch die übrigen Spulen, weil die ausserhalb der Contactstellen liegenden gespaltenen Würfel keine Stromfortpflanzung gestatten. Der Strom bewirkt aber sofort eine Magnetisirung des Eisenkernes und in Folge davon eine Anziehung zwischen demselben und den vom Strom durchflossenen Spulen, durch welche bei festgehaltenem Rade der Kern in die Spulen hineingezogen und in der kreisförmigen Messingröhre so hoch gehoben werden würde, bis zwischen der electromagnetischen Anziehung und der Wirkung der Schwerkraft auf den Kern Gleichgewicht eintritt. Ist aber das Rad frei beweglich, so wird zwar auch einerseits der Eisenkern emporgezogen werden, andererseits aber bewegen sich auch die vom Strome durchflossenen Spulen gegen den Eisenkern und das Rad wird sich somit um einen gewissen Winkel

Digitized by Google

drehen. Ist nun dafür gesorgt, dass noch, bevor das Rad den vollen Winkel, um welchen es sich zu drehen sucht, wirklich durchlaufen hat, jedesmal der Strom in der ersten im Sinne der Raddrehung vorangehenden Spule (V, Fig. 2) erlischt, dafür aber in der rückwärts nachfolgenden bisher stromlosen Spule (II, Fig. 2) beginnt, so wird es möglich, das Rad continuirlich in Drehung zu versetzen.

Diesen Zweck erreicht Kravogl durch den sogenannten Zuleiter 1 (Taf. I Fig. 1 *F*, Taf. II Fig. 2 *F*, und besonders dargestellt in Fig. 3 Taf. II), einer kreisrunden auf der Radaxe frei beweglich aufgesteckten Holzscheibe, in welcher zwei in einer Kreisfuge verschiebbare und in bestimmter Stellung festgeklemmte Federn verlaufen, die einerseits mit Klemmschrauben (*G*, *G'* Taf. I Fig. 1 und Taf. II Fig. 2 und 3) zur Aufnahme der Batteriedrähte, andererseits mit kupfernen würfelförmigen Ansätzen (*H*, *H'* Taf. I Fig. 1, Taf. II Fig. 3) versehen sind, welche gegen die in den Radspeichen im Kreise angeordneten Würfel sich anlegen und so den Strom in die Spulen leiten. Um diesen Zuleiter in einer bestimmten Stellung zu erhalten, wird derselbe von einem mittelst eines Bleigewichtes *J* (Fig. 1 Taf. I, Fig. 2 und 3 Taf. II) in nahezu unveränderlicher Stellung erhaltenen Ringe (*K* dies. Fig.) umschlossen, in welchem er sich mit einiger Reibung mittelst des Griffes *K'* (Fig. 1 Taf. I und Fig. 3 Taf. II) drehen und in jede beliebige Stellung bringen lässt. Da aber der Strom jedesmal unterbrochen würde, wenn einer der gespaltenen Würfel (1, 7, 13) zwischen die Contactstellen *H*, *H'* des Zuleiter zu stehen käme, so muss dafür gesorgt werden, dass sobald dieser Fall bei fortgesetzter Drehung des Rades eintritt, dennoch eine continuirliche Leitung vorhanden sei. Diess geschieht dadurch, dass in den Radspeichen, welche die gespaltenen Würfel tragen, metallene Federn *L* (Fig. 2 Taf. I, Fig. 2 Taf. II) eingelassen sind, welche beim Niederdrücken die beiden Würfelhälften leitend verbinden. Diese Federn müssen so lange angedrückt bleiben, bis der gespaltene Würfel den Zwischenraum zwischen beiden Contactstellen des Zuleiters passirt hat. Zu dem Ende trägt der Zuleiter auf der Seite, an welcher sich die Contactstellen befinden, an seinem Rande einen bogenförmigen vorspringenden Wulst *m n* (Fig. 3 Taf. II), dessen Bogenlänge etwas grösser ist, als der Bogenabstand der äussersten Enden der Zuleitercontacte, so dass schon vor dem Eintritte einer derartigen Unterbrechungsstelle zwischen jene Contacte die betreffende Feder durch den Wulst niedergedrückt und

Digitized by Google

erst dann wieder ausgelassen wird, wenn der gespaltene Würfel den Zwischenraum zwischen den Zuleitercontacten bereits passirt hat. (Fig. 1 Taf. II stellt in schematischer Weise den Stromverlauf bei überbrückter Unterbrechungsstelle 13 dar.)

Die richtige Stellung der Zuleitercontacte ist von der grössten Wichtigkeit für die Leistungsfähigkeit des Apparates. Um diess zu zeigen, wollen wir annehmen, das Rad sei in Ruhe und der Zuleiter so gestellt, dass der Halbirungspunkt des Bogens zwischen den beiden Contactstellen in einer durch die Radaxe gelegten Verticalebene unterhalb dieser Axe liege und nun werde die Kette geschlossen. Der Strom geht in diesem Falle durch die untersten (2 oder 3) Spulen, welche gerade die Mitte des (die tiefste Stelle in der Messingröhre B einnehmenden) Eisenkernes umgeben. In Folge dessen kann keinerlei Bewegung eintreten, denn da die Mitte des Eisenkernes mit der Mitte des Stromsystemes zusammenfällt, befindet sich jener sowohl bezüglich der Schwerkraft als auch der Stromkraft in einer stabilen Gleichgewichtslage. Fällt dagegen der Halbirungspunkt des zwischen den Contactstellen liegenden Bogens in eine durch die Radaxe gelegte Horizontalebene, so geht der Strom durch solche Spulen, welche sich in der Nähe des einen oder des anderen Endes des bogenförmigen Kernes befinden. Kern und Spulen ziehen sich nun gegenseitig an, und der Schwerpunkt des Kernes entfernt sich aus der durch die Radaxe gelegten Verticalebene um einen gewissen Winkel α. Besitzt der Eisenkern ein Gewicht P, hat sein Schwerpunkt den Abstand r von der Drehungsaxe, und die Mitte des Stromsystems den Abstand $\triangle$ vom Schwerpunkte, so ist bei dieser Stellung

$$R = Pr \, Sin \, \alpha \, Cos. \frac{\triangle}{2}$$

das Drehungsmoment, mit welchem sich das Rad zu drehen sucht. Unter sonst gleichen Umständen nimmt α zu mit der Stromstärke, es ist daher bei gegebener Stromstärke das vom Strom erzeugte Drehungsmoment um so grösser, je grösser P, d. h. das Gewicht des Eisenkernes ist; um dieser Bedingung ohne Volumsvermehrung des Kernes zu genügen, wendet Kravogl eben die mit Blei oder Quecksilber gefüllten Höhlungen an. Bei der oben angegebenen Stellung der Zuleitercontacte ist die Kraft, mit welcher der Strom auf den Eisenkern wirkt, ihrem Maximum um so näher, je geringer der Widerstand ist, den das Rad bei seiner Bewegung zu überwinden hat. Diese

Digitized by Google

Kraft wird übrigens um so kleiner, je näher entweder die vom Strom durchflossenen Spulen an die Mitte des in seiner tiefsten Stellung gedachten Eisenkernes heran oder von den Enden desselben hinweg zu liegen kommen. In beiden Fällen ist bei derselben Stromstärke der Winkel α kleiner, und man hat es daher in seiner Macht, durch Veränderung der Stellung des Zuleiters den Strom mit beliebigem Drehungsmomente auf das Rad wirken zu lassen. Je geringer der Widerstand ist, den das Rad zu überwinden hat, ein um so geringerer Abstand des Halbirungspunktes des Bogens zwischen den Zuleitercontacten von der durch die Axe gehenden Verticalebene genügt, um das Rad in Drehung zu erhalten, dagegen ist bei grossem Widerstande erforderlich, dass jener Halbirungspunkt oberhalb der durch die Radaxe gelegten Horizontalebene zu liegen komme, weil die vortheilhafteste Stellung jene ist, bei welcher die erste der vom Strome durchlaufenen Spulen möglichst nahe dem Ende des bogenförmigen Eisenkernes liegt. Je nachdem man den Zuleiter so stellt, dass seine Contactstellen nach rechts oder links von der Axe zu stehen kommen, erfolgt die Drehung nach rechts oder links, weil im ersten Falle die vom Strom durchflossenen Spulen auf der rechten, im zweiten auf der linken Radseite liegen.

Aus der gegebenen Darstellung erhellt auch, dass bei dem Kravogl'schen Motor der Strom nie unterbrochen wird oder seine Richtung wechselt, wesshalb auch der Magnetismus des Eisenkerns nahezu constant bleibt, und auch der Einfluss der inducirten Gegenströme ein geringerer ist, als bei solchen Motoren, bei welchen der Strom unterbrochen wird oder seine Richtung wechselt. Ebenso zeigen sich, weil der Strom nicht unterbrochen wird, an den Contactstellen bei normalen Verhältnissen niemals Funken. Selbstverständlich besitzt der Motor die gerühmten Eigenschaften nur dann, wenn alle seine Theile richtig functioniren, also namentlich die Ueberbrückungsfedern L ihren Dienst nicht versagen und zwischen den Zuleitercontacten und den stromzuleitenden Würfeln genaue, metallische Berührung stattfindet. Leider sind diese Forderungen an dem der Besprechung zu Grunde liegenden Modelle auf die Dauer nicht realisirbar. Weil die sämmtlichen Contactflächen von Kupfer sind, sich bei länger fortgesetzter Thätigkeit des Apparates stark abreiben und desshalb schlechten Contact geben, entstehen ab und zu Unterbrechungsfunken, die wieder mit einer Oxydation der metallischen Oberflächen verbunden sind und die Lei-

Digitized by Google

tung des Stromes noch mehr beeinträchtigen. Besonders aber sind die Ueberbrückungsfedern *L* der gespaltenen Würfel eine Quelle von Störungen im Gange des Apparates. Nicht bloss der Umstand, dass diese Federn ebenfalls von Kupfer sind, somit leicht oxydiren, wirkt nachtheilig, es sind überdiess die Oberflächen, in welchen die Berührung stattfindet, an und für sich sehr klein, so dass die geringsten Unreinigkeiten, welche sich dazwischen lagern, sofort Stromunterbrechungen, damit aber von Oxydation der Contactflächen begleitete Unterbrechungsfunken zur Folge haben. Diesen Uebelständen zu begegnen, beabsichtigt Kravogl, in Zukunft alle Contactflächen aus Platin herzustellen. Es ist aber an dem besprochenen Modelle noch ein anderer Uebelstand vorhanden, der dessen Wirksamkeit bedeutend zu beeinträchtigen im Stande ist. Wenn der Apparat einige Stunden lang in fortwährender Thätigkeit erhalten wird, ist die Menge der abgeriebenen Kupferspäne ziemlich gross; ein Theil derselben wird nun zwischen die beiden Hälften der gespaltenen Würfel abgelagert, und dieselben werden dadurch mehr oder weniger gut leitend verbunden. Das hat aber zur Folge, dass nicht, wie zuvor geschildert wurde, der Strom nur durch die (2 oder 3) zwischen die Zuleitercontacte fallenden Spulen allein geht, sondern in diesen Contactstellen eine Stromtheilung vor sich geht, die zu verhindern eben der Zweck der gespaltenen Würfel ist. Dass dadurch die Leistungsfähigkeit des Apparates beeinträchtigt wird, ist klar, weil nun die übrigen Spulen des Radkranzes auf den Eisenkern in entgegengesetztem Sinne wirken. Auch dieser Uebelstand ist indessen leicht zu beheben, wenn der Zwischenraum zwischen den beiden Hälften eines gespaltenen Würfels mit einem isolirenden Stoffe (Elfenbein oder Hartgummi) ausgefüllt werden würde. Die unsichere Wirkung der Ueberbrückungsfedern *L* ist indessen unter all den gerügten Mängeln der bedeutendste, und in dieser Richtung bedarf der Apparat schon aus dem Grunde einer radicalen Verbesserung, weil diese Federn auch noch so angebracht sind, dass es schwer ist, bemerkten Fehlern sofort abzuhelfen.

Aus diesen Gründen konnte man sich auch leicht erklären, warum der Apparat, der auf der Pariser Ausstellung beinahe ununterbrochen in Thätigkeit war, nach seiner Ankunft in Wien ziemlich schlecht wirkte. Erst nachdem der Zuleiter abgenommen, die stark oxydirten Berührungsflächen gut gereinigt, die abgeriebenen und die Unterbrechungsstellen überbrückenden Kupferspäne entfernt worden waren,

Digitized by Google

gelang es, die Leistungsfähigkeit des Motors, wenn auch nicht vollständig (wie es scheint), aber doch zum grössten Theile wieder herzustellen. Dieselbe durch längere Zeit constant zu erhalten, wollte aber nicht gelingen. Schon nach etwa ein- bis eineinhalbstündigem continuirlichem Gange kamen Unterbrechungsfunken zum Vorschein, und liess sich der stellenweise mangelhafte Contact auch mit Hilfe der eingeschalteten Tangentenboussole leicht nachweisen.

Rücksichtlich der Leistungsfähigkeit des Kravogl'schen Motors ist bereits im Eingange bemerkt worden, dass dieselbe Gegenstand einer von Herrn Prof. v. Waltenhofen durchgeführten Untersuchung gewesen ist.

Ausgehend von der Formel:

$$A = k\, S^2\, W$$

in welcher A die Arbeit eines Stromes vorstellt, der mit der Intensität S in einem Schliessungskreise vom Widerstande W circulirt und mit dem Werthe:

$$k = 0{\cdot}0008784$$

fand v. Waltenhofen (l. c.) durch Vergleichung der von der Maschine wirklich geleisteten Arbeit mit der theoretischen Arbeit des Stromes Nutzeffecte, welche zwischen 14 und 25 Procente betragen. Nimmt man jedoch bei Beobachtung Nr. 9 die veröffentlichten Daten der Messung als richtig an, so würde sich gerade für diese Beobachtung das Maximum des Nutzeffectes und zwar 27 (!) Procent, ergeben, während in der betreffenden Tabelle nur 17 Procent Nutzeffect angegeben werden, was von einem Rechnungsfehler herzurühren scheint.

Aber ganz abgesehen hievon und von der Frage nach dem wahren Werthe von k sind die von Prof. v. Waltenhofen berechneten Nutzeffecte entweder zu gross oder zu klein.

Zu gross, wenn man die wirkliche Arbeit der Maschine vergleicht mit jener, welche der angewendeten Batterie von 6 Bunsen'schen Doppelelementen und der electromotorischen Kraft 120 entspricht, und zu klein, wenn man jene Arbeit mit der theoretischen Arbeit des effectiven d. h. während des Ganges der Maschine auftretenden Stromes vergleicht.

v. Waltenhofen setzt nämlich in den obigen auf die Form:

$$A = k\, S\, E$$

gebrachten, die theoretische Arbeit des Stromes angebenden Ausdruck für S die effective Stromstärke ein, behält aber für E (die electro-

Digitized by Google

motorische Kraft) jenen Werth bei, welcher der angewendeten Batterie und dem ruhenden Motor entspricht, nämlich den Werth 120. Da die so gefundenen Werthe von A zu gross sind, so ergibt sich sonach, dass die auf die effective Stromstärke bezogenen Nutzeffecte zu klein erhalten werden.

Eine Rechtfertigung für die von Prof. v. Waltenhofen angewendete Rechnungsweise dürfte nun allerdings in der von ihm citirten Abhandlung Holtzmann's (Pogg. Ann. Bd. XCI p. 260) gesucht werden können, insoferne der daselbst auf p. 263 angegebene Ausdruck (9) hiezu verleiten kann. Geht man aber auf die Ableitung dieses Ausdruckes näher ein, so erhellt sofort, dass man in Gleichung (7) unter E die electromotorische Kraft der Batterie zu verstehen hat, während $2\,\mu\,\omega$ die durch Bewegung der magnetischen Quantität μ mit der Winkelgeschwindigkeit ω inducirte electromotorische Kraft ist. Dadurch wird, wenn man die effective Stromstärke mit S' bezeichnet:

$$S = \frac{E - 2\,\mu\,\omega}{W}$$

woraus sofort $A' = k\,S'\,(E - S'\,W)$ folgt. Zu demselben Ausdrucke für A' kann man übrigens auch auf verschiedenen anderen Wegen gelangen, so z. B. ergibt sich derselbe auch aus dem von Jakobi (Krönig's Journ. Bd. III p. 377) für die von dem effectiven Strome geleistete Arbeit abgeleiteten Ausdrucke.

Da von Waltenhofen die Stromstärke bei ruhendem Motor nicht gemessen, wenigstens nicht angegeben hat, so ist es nicht wohl möglich, eine strenge Reduction seiner Berechnungen vorzunehmen. Schon weil es misslich sein dürfte, die Arbeit A' des effectiven Stromes zu berechnen, indem zu diesem Behufe entweder der Widerstand W oder die electromotorische Kraft des inducirten Gegenstromes gemessen werden müsste, wird es immer zweckmässiger sein, die wirkliche mechanische Leistung eines Motors mit derjenigen Arbeit zu vergleichen, welche dem Batteriestrome bei ruhendem Motor entspricht. Um nun die v. Waltenhofen'schen Beobachtungen auf diese Arbeitsgrösse reduciren zu können, kann man von dem bekannten Satze ausgehen, dass die effective Stromstärke, welche dem Maximum des Nutzeffectes entspricht, die Hälfte derjenigen ist, welche bei ruhendem Motor vorhanden sein würde, und sonach wenigstens einen genäherten Werth für diese Stromstärke ableiten. Da

Digitized by Google

man nicht das wirkliche Maximum des Nutzeffectes, sondern nur den grössten unter den beobachteten Werthen der Rechnung zu Grunde legen kann, und es noch überdiess, wie aus dem zuvor Gesagten erhellt, zweifelhaft ist, welcher Beobachtungsnummer der grösste beobachtete Werth zukömmt, ist es sehr wahrscheinlich, dass die unter der gemachten Voraussetzung berechneten Nutzeffecte eher zu klein als zu gross ausfallen werden. Nichtsdestoweniger ergeben sich trotz dieser ungünstigen Verhältnisse aus den v. Waltenhofen'schen Messungen Werthe des Nutzeffectes zwischen 5 und 17·5 Procenten.

Es ist nun allerdings nicht zu läugnen, dass, wenn es sich um absolute Werthe handelt, die Unsicherheit, welche bezüglich des Werthes von k obwaltet, jedenfalls in Betracht kömmt. Es ist nämlich k diejenige Arbeit, welche der Stromstärke Eins bei dem Leitungswiderstande Eins entsprechen würde. Es hängt also der numerische Werth von k von der Wahl der Einheiten der Arbeit, der Stromstärken und der Leitungswiderstände ab. Für die Weber'schen Einheiten der Stromstärke und des Leitungswiderstandes nimmt Holtzmann $k = 1$ an und reducirt sodann diesen Werth auf die Jakobi'schen Einheiten, wobei sich

$$k = 0{\cdot}00003243$$

ergibt. v. Waltenhofen nimmt für den Leitungswiderstand die Siemens'sche Einheit an und berechnet danach

$$k = 0{\cdot}0008784$$

Erwägt man nun die Unsicherheit, welche bezüglich der bei den Reductionen benützten Verhältnisszahlen herrscht, und den Umstand, dass obendrein diese Zahlen mitunter mit sehr grossen Zahlen multiplicirt werden, so wird man zugeben müssen, dass keiner der beiden angegebenen Werthe von k grossen Anspruch auf absolute Verlässlichkeit haben kann. (So würde man z. B., wenn man die Becquerel'schen Verhältnisszahlen für die Leitungswiderstände von Kupfer und Quecksilber zu Grunde legen würde,

$$k = 0{\cdot}0009796 \text{ statt } 0{\cdot}0008784$$

erhalten.) Ueberdiess muss bemerkt werden, dass bereits Holtzmann darauf aufmerksam gemacht hat, dass, wenn man von der Voraussetzung ausgeht, es sei die durch einen Strom von der Intensität S_1 in einem Leiter von dem Widerstande W_1 in einer Sekunde

Digitized by Google

entwickelte Wärmemenge Q der für den Strom verwendeten Arbeit äquivalent, mit dem Werthe

$$k = 0{\cdot}00003243$$

sich ergebe:

$$Q = 0{\cdot}0000000772\ S_1^2\ W_1$$

während aus den Versuchen von Lenz für diese Wärmemenge der Werth:

$$Q = 0{\cdot}0000002930\ S_1^2\ W_1$$

hervorgeht. Letzterer Werth ist nahe viermal grösser als der erstere und Holtzmann lässt den Grund dieser Verschiedenheit unentschieden.

Es kömmt indessen in letzter Instanz bei der Vergleichung der Leistungen von electromagnetischen Motoren auf absolute Werthe nicht an, und insoferne ist auch der absolute Werth von k gleichgiltig. Es wurde daher auch im Folgenden, um die Resultate der an dem Kravogl'schen Motor neuerlich angestellten Messungen mit den früheren von Waltenhofen's vergleichen zu können, der von ihm angenommene Werth $k = 0{\cdot}0008784$ einfach beibehalten. Die Messungen wurden durchwegs mit dem Prony'schen Zaume vorgenommen, und war für denselben die Hebelübersetzung 15·16, das auf den Aufhängepunkt der Wagschale reducirte Hebelgewicht 9·86 Gramme, das Gewicht der Wagschale 11·94 Gramme gefunden worden. Der Durchmesser der Radwelle betrug 27·5 Millimeter, der Umfang derselben somit 86·377 Millimeter. Ist daher Q das auf die Wagschale gelegte Gewicht, so ist die beim Beharrungszustande des Motors geleistete Arbeit in Kilogramm-Metern per Secunde:

$$a = \frac{21{\cdot}8 + Q}{1000} \times 15{\cdot}16 \times 0{\cdot}086\ U = 1{\cdot}304\ PU$$

wenn P die Totalbelastung und U die Anzahl der in der Secunde gemachten Umdrehungen bezeichnen.

Die electromotorische Kraft der angewendeten Batterie, welche aus 12, zu 6 Doppelelementen verbundenen Bunsen'schen Elementen bestand, wurde (wenigstens sehr nahe) gleich 120 gefunden, der Reductionsfactor der (Gaugain'schen) Tangentenboussole war 2·21, so dass sich die theoretische Arbeit des Stromes ergibt:

$$A = 0{\cdot}0008784 \times 120 \times 2{\cdot}21 \text{ tang } \omega = 0{\cdot}233 \text{ tang } \omega$$

Digitized by Google

Die Umdrehungen wurden bei langsamem Gange direct, bei grösserer Geschwindigkeit mit Hilfe des Zählwerkes einer Syrene gezählt, indem auf die Axe derselben eine Rolle von demselben Durchmesser, wie jene an der Axe des Motors bereits angebracht gewesene, aufgesteckt und mit dieser durch einen Schnurlauf in Verbindung gesetzt wurde. Vor und nach dem Versuche wurde sowohl das Gewicht der Zinkcylinder, sowie die Dichte der Salpetersäure bestimmt. Zwei in unmittelbarer Aufeinanderfolge gemachte Versuchsreihen, welche im Ganzen drei Stunden dauerten, ergaben Folgendes:

I. Reihe.

Versuchs-Nummer	Umdrehung per Secunde U	Total. Bel. in Kilogr. P	Arbeit in Kil. Meter pr. Sec. a	Nutzeffect in %	Ablenkung ω	Stromstärke in CC. Knallg. von 0° u. 760 Mm. pr. Min.
1	0	∞	0	0	87° 40′	54.233
2	0.43	271.8	0.153	2.9	n. zu beob.	—
3	0.58	261.8	0.198	3.7	dt.	—
4	0.66	351.8	0.303	5.7	87 30	50.609
5	0.71	361.8	0.335	6.3	n. zu beob.	—
6	0.97	336.8	0.426	8.0	87 30	50.609
7	1.00	351.8	0.459	8.6	„ 10	44.664
8	1.05	341.8	0.468	8.8	„ 5	43.382
9	1.72	201.8	0.452	8.5	86 57	41.482
10	1.78	221.8	0.515	9.7	87 0	42.167
11	2.38	186.8	0.579	10.9	86 40	37.946
12	2.46	213.8	0.686	12.9	„ 55	41.018
13	2.50	231.8	0.756	14.2	„ 55	41.018
14	2.70	171.8	0.605	11.3	„ 20	34.476
15	3.33	159.8	0.694	13.0	85 30	30.343
16	3.33	156.8	0.681	12.8	86 15	33.725
17	3.57	171.8	0.799	15.0	„ 20	34.476
18	3.70	151.8	0.733	13.7	„ 20	34.476
19	3.85	141.8	0.712	13.4	„ 20	34.476
20	3.85	106.8	0.536	10.0	„ 20	34.476
21	4.00	93.8	0.489	9.2	„ 20	34.476
22	4.16	131.8	0.715	13.4	„ 15	33.725
23	4.16	121.8	0.661	12.4	„ 20	34.476
24	4.54	81.8	0.484	9.1	„ 20	34.476
25	4.76	73.8	0.458	8.6	„ 12	33.283

Digitized by Google

II. Reihe.

Versuchs-Nummer	Umdrehung per Secunde U	Tot. Belast. in Kilogr. P	Arbeit in Kil. Meter pr. Sec.	Nutzeffect in %	Ablenkung ω	Stromstärke in CC. Knallg. von 0° u. 760 Mm. pr. Min.
1	0	∞	0	0	87° 20′	47.009
2	0.27	306.8	0.108	2.2	n. zu beob.	—
3	0.33	306.8	0.132	2.6	dt.	—
4	0.33	306.8	0.132	2.6	dt.	—
5	0.37	306.8	0.147	2.9	dt.	—
6	0.43	271.8	0.151	2.9	dt.	—
7	0.45	271.8	0.159	3.2	dt.	—
8	0.50	271.8	0.177	3.5	dt.	—
9	0.52	326 8	0.222	4.4	dt.	—
10	0.59	341.8	0.263	5.3	dt.	—
11	0.92	246.8	0.296	5.9	dt.	—
12	1.28	216.8	0.361	7.2	87° 40′	54.233
13	1.56	181.8	0.370	7.4	„ 5	43.382
14	1.66	201 8	0.437	8.7	„ 20	47.009
15	2.27	171.8	0.507	10.1	86 52	40.377
16	2.38	156.8	0.486	9.7	„ 35	37.018
17	2.63	141.8	0.486	9.7	„ 35	37.018
18	2.77	143.8	0.519	10.3	„ 35	37.018
19	3.03	133.8	0.528	10.6	„ 30	36.184
20	3.45	118.8	0.535	10.7	„ 20	34.476
21	3.70	103.8	0.501	10 0	„ 20	34.476
22	4.54	58.8	0.348	7.0	„ 20	34.476
23	6.25	0.	0	0	n. zu beob.	—

Zinkgewicht vor den Versuchen . . . . 33.409 Kilogr.
„ nach 3 Stunden . . . . . 33.102 „
Verbrauch . . . . . 0.307 „
somit Zinkverbrauch pr. Stunde 102 Gramme.

Dichte der Salpetersäure vor dem Versuche . . . 1.34
„ „ „ nach 3 Stunden 1.29

Die Salpetersäure, welche vor dem Versuche rein und farblos war, hatte sich am Ende desselben bedeutend stark grün gefärbt. Bei einer früheren Versuchsreihe, bei welcher, wie zuvor erwähnt worden ist, der Apparat sehr schlecht functionirte, so dass er auseinander genommen werden musste, war der Zinkverbrauch in 3 Stunden 307.5 Gramme, somit pr. Stunde 102.5 Gramme, die Dichte der Salpetersäure hatte von 1.34 auf 1.28 abgenommen. Die vorstehenden Tabellen enthalten die unmittelbaren Versuchsdaten und die sich aus diesen ergebenden Resultate. Die Versuche der Reihe I

Digitized by Google

zeigen bereits den Einfluss der im Vorangehenden geschilderten Störungen, insoferne bei langsamem Gange die ab und zu auftretenden Contactstörungen sich durch fortwährende Schwankungen der Magnetnadel der Tangentenboussole manifestiren. Bei schnellerem Gange werden diese Schwankungen geringer und endlich nimmt die Nadel während des Laufes des Motors eine constante Gleichgewichtslage an, doch zeigt sich nichtsdestoweniger der Einfluss des unsicheren Contactes und der sonstigen Störungen in der unregelmässigen Aenderung der Stromstärke. Noch auffälliger ist diess bei den Versuchen der zweiten Reihe, welche angestellt wurden, nachdem der Motor bereits durch nahe zwei Stunden in continuirlicher Thätigkeit gewesen war. Bei einem Versuche steigt die Ablenkung der Magnetnadel sogar auf die volle Höhe derjenigen, welche gleich beim Beginne der Versuche bei ruhendem Motor vorhanden war, während am Schlusse der zweiten Versuchsreihe, bei ruhendem Motor die sub Nr. 1 angegebene Stromstärke gefunden wurde. Es muss dabei ausdrücklich bemerkt werden, dass die Stromstärke bei ruhendem Motor nicht etwa in einer einzigen Stellung desselben gemessen wurde, sondern, dass in Berücksichtigung der unsicheren Contacte die Messungen bei verschiedenen Stellungen des Rades vorgenommen wurden*). Aus dem Grunde, dass die Contacte immer schlechter wirkten, je länger der Apparat im Gange war, erklären sich auch die durchwegs kleineren Werthe für die Nutzeffecte in dieser Beobachtungsreihe. Nimmt man von solchen Beobachtungen, die sehr nahe aneinander liegen, die Mittelwerthe der in den vorangehenden Tabellen enthaltenen Zahlen, so ergibt sich folgende Zusammenstellung:

---

*) Da man diese Vergrösserung des Ausschlagwinkels unmöglich einer Zunahme der Intensität des Batteriestromes zuschreiben kann, da dieselbe im Gegentheile nicht unbeträchtlich gesunken war, und eben so wenig einer besseren Berührung der Contactstellen, da am Schlusse des Versuches die Stromintensität bei ruhendem Motor bei den verschiedensten Stellungen gemessen und jedenfalls kleiner als die besprochene gefunden worden war, kann jene Erscheinung nur durch die Ueberbrückung der Unterbrechungsstellen durch abgeriebene Kupferspäne und dadurch bewirkte Stromtheilung erklärt werden. Nimmt man an, dass eine vollkommen gut leitende Ueberbrückung stattgefunden habe, und der Widerstand in den übrigen Theilen der Stromleitung gegen jenen im Rade verschwindend klein sei, so würde die durch Ueberbrückung entstandene Stromverzweigung eine Vergrösserung der Ablenkung von 87° 20′ auf 87° 47′ bewirken können; auch der trotz der starken Ablenkung verhältnissmässig geringe Nutzeffect spricht für diese Ansicht.

Digitized by Google

Reihe II.				Reihe II.			
Umdreh. *U*	Totalbel. *P*	Arbeit *a*	Nutzeffect %	Umdreh. *U*	Totalbel. *P*	Arbeit *a*	Nutzeffect %
0.43	271.8	0.153	2.9	0.27	306.8	0.108	2.2
0.58	261.8	0.198	3.7	0.33	306.8	0.132	2.6
0.68	356.8	0.319	6.0	0.42	283.4	0.152	3.0
1.01	343.3	0.451	8.4	0.51	299.3	0.199	3.9
1.75	211.8	0.483	9.1	0.59	341.8	0.263	5.3
2.38	186.8	0.579	10.9	0.92	246.8	0.296	5.9
2.48	222.8	0.721	13.5	1.42	199.3	0.365	7.3
3.12	162.8	0.660	12.3	1.66	201.8	0.437	8.7
3.57	171.8	0.799	15.0	2.32	164.3	0.496	9.9
3.70	151.8	0.733	13.7	2.81	139.8	0.511	10.2
3.85	124.3	0.624	11.7	3.45	118.8	0.535	10.7
4.11	115.8	0.622	11.7	3.70	103.8	0.501	10.0
4.54	81.8	0.484	9.1	4.54	58.8	0.348	7.0
4.76	73.8	0.458	8.6	—	—	—	—

Aus diesen Versuchen geht somit hervor, dass der Kravogl'sche Motor in seinem gegenwärtigen Zustande zwar immerhin einen etwas kleineren Nutzeffect ergibt, als damals, wo er von Prof. v. Waltenhofen untersucht wurde, indem sich das Maximum nur auf 15% erhebt, während nach v. Waltenhofen's Messungen sich ein Maximum von 17% ergeben würde. Dem Maximum von 15% entspricht eine Arbeit von etwa 0.011 Pferdekräften. Bei den Versuchen von v. Waltenhofen ergibt sich nun allerdings für Beobachtung Nr. 9 eine Arbeit von 1.33 Kilogramm-Meter pr. Secunde, also von 0.017 Pferdekräften; doch ist diese Beobachtung nicht ganz verlässlich. Schliesst man dieselbe aus, so ist für das Maximum des Nutzeffectes von 17% die Arbeit 0.931 Kilogramm-Meter pr. Secunde, also etwas über 0.012 Pferdekräfte, was mit den Ergebnissen der neueren Messungen ziemlich gut stimmt, und die Leistungsfähigkeit des Apparates als eine ganz bedeutende erscheinen lässt, wenn man dieselbe mit jener anderer electromagnetischer Motoren vergleicht. Schon v. Waltenhofen hat die Leistungen einer von Müller untersuchten Stöhrer'schen Maschine mit jenen der Kravogl'schen verglichen; da er aber auch in diesem Falle die Rechnung derart führt, dass er in den Ausdruck für die Arbeit des Stromes die effective Stromstärke und die electromotorische Kraft der angewendeten Zinkkohlenbatterie einsetzt, bedarf seine Rechnung einer Reduction, um die Müller'schen Ergebnisse mit den voranstehenden vergleichbar zu machen.

Digitized by Google

Müller fand die Ablenkung bei ruhendem Motor 32° 30′ an einer Tangentenboussole, deren Reductionsfactor 70 war, während die Zinkkohlenkette aus drei Doppelelementen von der electromotorischen Kraft $3 \times 20 = 60$ bestand.

Aus den Müller'schen Versuchen ergeben sich nun die Arbeiten von 0.03375, 0.05220 und 0.02165 Kilogramm-Meter pr. Secunde; somit, da die Arbeit des Stromes bei ruhendem Motor 2.351 Kilogramm-Meter in der Secunde beträgt, sind die Nutzeffecte der Stöhrer'schen Maschine, beziehungsweise:

1.44% 2.22% 0.92%

während dem Maximum etwa 0.001 Pferdekraft entspricht. Noch auffälliger sind die Ergebnisse, welche sich an einem Modelle eines Motors von Markus, das sich in der physikalischen Sammlung des k. k. polytechnischen Institutes befindet, herausstellten. Dasselbe besitzt einen zwischen den Polen zweier Electromagnete rotirenden permanenten Stahlmagnet, und wiewohl es dadurch, dass die Bewegung des Ankers mittelst endloser Schraube auf eine mit einem Zahnrad versehene Welle übertragen wird, im Stande ist, bedeutende Lasten zu heben, ausserordentlich kleinen Nutzeffect gibt.

Die Versuche wurden in der Art angestellt, dass die Höhe, bis zu welcher ein bestimmtes Gewicht gehoben wird, und die hiezu erforderliche Zeit gemessen wurde. Bei ruhendem Motor war die Ablenkung an derselben Tangentenboussole, die bei der Untersuchung des Kravogl'schen Motors gedient hatte, 85° 40′. Die Batterie bestand aus 6 einfachen Bunsen'schen Elementen; ihre electromotorische Kraft war sonach wieder 120. Damit findet man die theoretische Arbeit des Stromes gleich 3.07 Kilogramm-Meter pr. Secunde. Die gefundenen Arbeitsgrössen waren:

Kil. Met. pr. Sec.	Nutzeff. %
0.00572	0.18
0.00656	0.21
0.00572	0.19
0.00714	0.23
0.00937	0.30
0.00724	0.23

Dem Maximum des Nutzeffectes entspricht nur eine Arbeit von 0.0001 Pferdekraft.

Digitized by Google

Es braucht wohl nicht weiter erörtert zu werden, dass bei den neuern sowohl, als bei den v. Waltenhofen'schen Versuchen nur die wirklich nutzbringende Arbeit gemessen wurde und somit die ganze von der Maschine geleistete Arbeit nicht unbeträchtlich grösser ist, weil, wie aus dem Vorhergehenden erhellen dürfte, die Reibung an den Contactflächen eine sehr bedeutende ist, so dass, wenn in dieser Richtung noch Verbesserungen angebracht werden, die nicht so gar schwierig anzubringen sein würden, der Nutzeffect einer beträchtlichen Steigerung fähig sein dürfte.

Allerdings stellt sich der praktischen Anwendbarkeit des Motors dasselbe Hinderniss entgegen, welches sich allen derartigen Motoren bisher entgegengestellt hat, nämlich die Kostspieligkeit des Betriebes desselben. Es ist weniger noch der Zinkverbrauch als vielmehr der Verbrauch an Salpetersäure ins Gewicht fallend; denn wenn man erwägt, dass bereits nach nur dreistündiger Arbeit eines Modelles von $^1/_{100}$ Pferdekraft die angewendete Säure mindestens an der Grenze ihrer weiteren Verwendbarkeit angekommen war (da die Stromstärke von 54 CC. Knallgas auf 47 CC. in der Minute herabgesunken war), so ist diess ein Zeichen, dass die Füllung der Batterie nicht einmal für volle drei Stunden continuirlicher Thätigkeit ausreicht. So lange daher die Salpetersäure nicht durch ein äquivalentes und bedeutend billigeres Mittel ersetzt werden kann, ist die Anwendbarkeit des Kravogl'schen Motors nur auf solche Fälle beschränkt, bei welchen der Kostenpunkt nicht so sehr in Frage kömmt, die aber selten eintreten dürfte.

Digitized by Google

Ueber eine neue Art der Beobachtung an Heberbarometern.

Von

Dr. Al. Handl,

Professor in Lemberg.

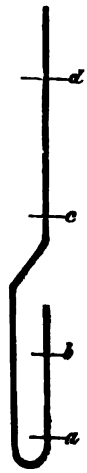
(Wiener Sitzungsberichte LVII p. 109.)

Bei Barometerbeobachtungen ist es bekanntlich nicht immer sicher, dass das Thermometer, welches mit dem Instrumente verbunden ist, die Temperatur des Quecksilbers so genau anzeige, als man es wünscht und auch voraussetzt; das Thermometer steht nicht unmittelbar mit dem Quecksilber des Barometers in Berührung, hat daher eine andere, meist grössere Empfindlichkeit für Temperaturveränderungen, und wenn diese nur einigermassen erheblich sind, so kann die Beobachtung dadurch beirrt werden, so dass z. B. das Quecksilber des Barometers durch einige Stunden dieselbe Stellung beibehält, während die nach den Angaben des Thermometers ausgeführte Reduction auf 0° verschiedene Werthe des Luftdruckes ergibt. Auf dieses Verhalten hat auch Herr Prof. Victor Pierre bereits vor einiger Zeit in den Sitzungsberichten der kaiserl. Akademie, October 1855, in der Abhandlung: „Ueber eine zweckmässige Construction des Reisebarometers" hingewiesen; derselbe hat aber in der angeführten Arbeit die Sache nach einer anderen Seite verfolgt, indem er ein Verfahren aufzustellen suchte, mittelst dessen man mit einer einzigen Ablesung am Heberbarometer und zugleich am Thermometer den Barometerstand bestimmen könnte. Dabei könnte allerdings die eine Ablesung am Barometer erspart werden, aber man bleibt doch im Wesentlichen, was die Verlässlichkeit der gefundenen Resultate anbelangt, auf die Construction des Instrumentes angewiesen, wie auch in der citirten Abhandlung selbst bemerkt wird, und die Unsicherheit wegen einer allenfalls unrichtigen Bestimmung der Temperatur wird nicht beseitiget.

Digitized by Google

Es ist übrigens nicht meine Absicht, auf die Besprechung der von Herrn Prof. Pierre vorgeschlagene Methode einzugehen, sondern ich will zeigen, dass man bei einem Heberbarometer, dessen beide Schenkel an den Stellen, wo das Quecksilber spielt, gleich weit sind, die Beobachtung des Thermometers ganz unterlassen kann, und dass es möglich ist, den auf 0° reducirten Barometerstand nur aus der Stellung der Quecksilberoberflächen in den beiden Schenkeln des Barometers abzuleiten. Dies wird ermöglicht durch folgende Betrachtungen:

Es sei in der nebenstehenden Figur a der Nullpunkt der Skala, bei b die untere, bei d die obere Oberfläche des Quecksilbers, so ist der beobachtete Barometerstand, wenn ab mit h', ad mit h bezeichnet wird:



$$B = h - h',$$

und der auf 0° Quecksilbertemperatur reducirte:

$$(1) \quad \ldots\ldots\ B_0 = \frac{h-h'}{1+\alpha t}$$

unter α den Ausdehnungscoëfficienten des Quecksilbers verstanden.

Anstatt die Temperatur t an einem Thermometer abzulesen, wollen wir nun das Quecksilber des Barometers selbst als thermometrische Substanz benützen, indem wir aus seinem Volumen seine Temperatur abzuleiten suchen. Dieses Volumen betrachten wir als aus drei Stücken bestehend: von der oberen Kuppe d bis zu irgend einem Striche c der Skala, welcher noch auf dem geraden Theile des Rohres über der Biegung liegt; dieses ist

$$r^2\pi(h-h''),$$

wenn r der Halbmesser des Rohres, und $ac = h''$ ist; zweitens aus dem Stücke zwischen c und a, welches wir als A bezeichnen wollen, und endlich aus dem Raume zwischen a und b, welcher

$$r^2\pi . h'$$

ist. Dabei ist eben die Annahme gemacht, dass das Barometerrohr zwischen dc und ab überall gleich weit sei. Wir haben also:

$$v = r^2\pi(h-h'') + A + r^2\pi h',$$

oder

$$v = (A - r^2\pi . h'') + r^2\pi(h+h'),$$

andererseits aber ist

$$v = v_0(1+\alpha t),$$

wenn unter v_0 das Volumen der ganzen Quecksilbermenge im Barometer bei der Temperatur 0° verstanden ist.

Digitized by Google

Aus obigen beiden Gleichungen ergibt sich daher

$$1 + \alpha t = \frac{A - r^2 \pi h''}{v_0} + \frac{r^2 \pi}{v_0}(h + h'), \quad \ldots \ldots \quad (2)$$

oder

$$1 + \alpha t = m + n\,(h + h'), \quad \ldots \ldots \ldots \quad (3)$$

wenn man nämlich für die constanten Grössen in der Gleichung (2) die Werthe

$$\left.\begin{aligned} m &= \frac{A - r^2 \pi h''}{v_0} \\ \text{und} \\ n &= \frac{r^2 \pi}{v_0}, \end{aligned}\right\} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (4)$$

schreibt.

Setzt man nun den Werth für $(1 + \alpha t)$ aus der Gleichung (3) in den Ausdruck (1), so ergibt sich

$$B_0 = \frac{h - h'}{m + n(h + h')} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (5)$$

Bei dieser Entwicklung ist aber noch ferner vorausgesetzt, dass man die Volumsveränderung der Barometerröhre wegen der Ausdehnung des Glases durch die Wärme vernächlässigen könne, was bei dem bedeutenden Unterschiede der Ausdehnungscoëfficienten des Glases und des Quecksilbers wohl gestattet sein mag. Dieser Betrachtung zufolge trägt also jede Beobachtung am Heberbarometer ihre Temperaturcorrection in sich selbst, sobald die Constanten der Formel (5), m und n, bestimmt sind. Diese Bestimmung kann nun auf mehrfache Arten geschehen. Man kann nämlich, so wie es sonst in ähnlichen Fällen geschieht, durch Vergleichung der unter günstigen Umständen gemachten Beobachtungen für h und h' mit dem von einem Normalbarometer angegebenen Werthe von B_0 die Werthe von m und n ermitteln; oder man kann, ohne ein Normalbarometer zu Hilfe zu nehmen, die Beobachtung des Thermometers zur Ermittelung der Werthe von m und n benützen. Zu dem Ende wird man wenigstens zweimal, bei möglichst verschiedenen Temperaturen und unter solchen Verhältnissen, dass man der Uebereinstimmung der Thermometerangabe mit der Temperatur des Quecksilbers gewiss sein kann, die Stände des letzteren in beiden Schenkeln des Barometers beobachten, und hat dann, der früheren Gleichung (3) gemäss,

$$1 + \alpha t_, = m + n(h_, + h'_,)$$
$$1 + \alpha t_{,,} = m + n(h_{,,} + h'_{,,}),$$

woraus sich die Grössen m und n bestimmen lassen.

Digitized by Google

Die Grösse des Luftdruckes bei diesen Beobachtungen ist offenbar gleichgiltig, da sie auf die Berechnung von m und n keinen Einfluss ausübt.

Am besten und zuverlässigsten dürfte es aber sein, die Werthe von m und n bei der Anfertigung des Barometers ein für allemal im Voraus zu bestimmen, was ebenfalls leicht möglich ist, da dieselben ganz bestimmte und leicht zu beobachtende Bedeutungen haben. Es ist nämlich

$$n = \frac{r^2\pi}{v_0},$$

v_0, das Volumen des Quecksilbers im Barometer bei der Temperatur 0°, ist gleich seinem absoluten Gewichte (Q), dividirt durch das bekannte specifische Gewicht (σ) des Quecksilbers bei 0°.

$$v_0 = \frac{Q}{\sigma},$$

$r^2\pi$ ist ebenso leicht zu bestimmen, indem man gemessene Längen (l) des Rohres mit Quecksilber anfüllt, und durch Wägungen das Gewicht (q) der dazu verwendeten Menge des letzteren bestimmt, dann ist $q = \sigma l . r^2\pi$, also

$$n = \frac{q}{Q . l};$$

um hierauf m zu bestimmen, bringe man das bereits fertige Barometer in allen seinen Theilen auf die Temperatur 0° und beobachte h_0 und h'_0, so ist wieder

$$1 = m + n(h_0 + h'_0),$$

woraus man nun mit Hilfe des bereits bekannten Werthes von n auch den von m bestimmt.

Für den öfteren Gebrauch würde es sich am bequemsten herausstellen, dass man aus den bekannten Werthen von m und n eine Tabelle berechne, welche in zwei Eingängen die Ablesungen h und h' enthalte, und die Werthe von B_0 unmittelbar angibt.

Es ändert an den aufgestellten Formeln nur wenig, und der Sache nach gar nichts, wenn der Nullpunkt der Theilung nicht unterhalb b, sondern irgendwo bei e zwischen b und d gelegen ist; dann nehmen die aufgestellten Gleichungen offenbar folgende Formen an:

$$B_0 = \frac{h + h'}{1 + \alpha t}, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1a)$$

wenn man mit h und h' die Längen ed und eb bezeichnet.

Digitized by Google

$$v = r^2\pi\ (h - ec) + A + r^2\pi\,(ea - h'),$$

$$1 + \alpha t = \frac{A - r^2\pi\ (ec - ea)}{v_0} + \frac{r^2\pi}{v_0}(h - h'), \quad . \ . \ . \quad (2a)$$

$$B_0 = \frac{h + h'}{m_1 + n\,(h - h')} \quad . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \quad (5a)$$

Es fragt sich nur, ob und unter welchen Bedingungen auch die Genauigkeit der Beobachtungen eine hinreichende sei, ob nämlich nicht etwa die bei der Bestimmung von $(h + h')$ möglicherweise vorkommenden Beobachtungsfehler so gross sind, dass die Anwendung der Formel

$$B_0 = \frac{h - h'}{m + n\,(h + h')}$$

dadurch noch unverlässlicher würde, als die Correction nach einem wenn auch nicht ganz mit der Quecksilbertemperatur übereinstimmenden Thermometer. Das ist allerdings sogleich ersichtlich, dass das Barometer in Bezug auf die Grösse $(h + h')$ wegen seiner Form eine viel geringere Empfindlichkeit für Temperaturveränderungen besitzt, als das Thermometer. Aber gehen wir zurück auf die Gleichung (2)

$$1 + \alpha t = \frac{A - r^2\pi\,.\,h'}{v_0} + \frac{r^2\pi}{v_0}(h + h'),$$

daraus folgt

$$(h + h') = \frac{v_0(1 + \alpha t) - (A - r^2\pi h')}{r^2\pi},$$

und ferner

$$d(h + h') = \frac{v_0\,.\,\alpha}{r^2\pi}\,.\,dt.$$

$\frac{v_0}{r^2\pi}$ ist diejenige Länge des Rohres, welche bei durchaus gleicher Weite desselben von der ganzen vorhandenen Quecksilbermenge eingenommen würde. Bei einem Barometer, welches aus einem durchaus gleich weiten Rohre besteht, und in welchem die ganze Quecksilbermenge einer Länge von 1·1 Meter entspricht, wäre also, wenn man Reaumur'sche Grade der Temperaturbestimmung zu Grunde legt und den Millimeter als Längeneinheit annimmt,

$$\frac{d\,(h + h')}{dt} = \frac{1100}{4440}$$

oder nahezu $= \frac{1}{4}$; d. h. einer Temperaturänderung von 1° Reaumur entspräche eine Aenderung von $\frac{1}{4}$ Millim. in der Summe $(h + h')$; da man bei gehöriger Sorgfalt in der Ablesung noch 0·1 Millim. von h

Digitized by Google

und h' unterscheiden kann, so bietet ein solches Instrument noch immer genug Sicherheit in den Beobachtungen.

Es ist übrigens klar, dass die Empfindlichkeit der angegebenen Beobachtungsmethode durch eine einfache Abänderung am Instrumente beliebig gesteigert werden kann; man braucht nur in dem Theile des Rohres, welchen wir mit A bezeichnet haben, eine beliebig geformte Erweiterung anzubringen, welche eine grössere Quecksilbermenge zu fassen vermag. Dadurch wird allerdings das Gewicht des Barometers vermehrt.

Wenn aber die mittleren Theile des Rohres enger sind, wie man es gerne einrichtet, um das Gewicht des Barometers zu vermindern und das Eindringen von Luftblasen zu erschweren, so wird dadurch auch seine Empfindlichkeit für Temperaturveränderungen in dem Sinne, wie wir sie in der vorbeschriebenen Beobachtungsmethode brauchen, bedeutend beeinträchtiget; ich brauche übrigens kaum daran zu erinnern, dass auch die Beweglichkeit des Quecksilbers, also die Empfindlichkeit des Barometers für Veränderungen des Luftdruckes unter diesen Verengerungen des Rohres leidet.

Digitized by Google

Neue Electrisirmaschinen.

I.

Die Kundt'sche Maschine.

(Hiezu Taf. III. Figg. 1 und 2.)

Herr Kundt beschreibt in Poggendorff's Annalen 1868 Nr. 11 folgende von ihm construirte Electrisirmaschine:

Eine Glasscheibe, die mit ziemlicher Geschwindigkeit rotiren kann, wird auf der einen Seite durch ein Kissen mit Amalgam gerieben. Der nicht geriebenen Seite der Scheibe gegenüber sind zwei einsaugende Spitzenkämme angebracht, und zwar steht der eine dem Reibzeug gegenüber, der andere ist 180° davon entfernt. Diese zwei Spitzenkämme sind wie bei den Maschinen von Holtz mit zwei verschiebbaren Conductoren versehen. Das Reibzeug ist an einer isolirenden Glasstange angebracht. An dem Kissen ist ein Flügel von Seidenzeug befestigt, wie an den gewöhnlichen Reibungsmaschinen, der hier indess nicht ganz einen Quadranten der Scheibe deckt. Die Axe der Scheibe, ebenso die beiden Ständer für die Einsauger sind der besseren Isolation halber nicht aus Kammmasse, sondern aus Glas. Ein Schnurlauf bewirkt, wie bei den Holtz'schen Maschinen, eine möglichst schnelle Rotation. Die Maschine ist in Fig. 1 Tafel III gezeichnet.

Sobald man nun beginnt die Scheibe zu drehen, bildet sich zwischen den beiden Conductoren ein continuirlicher Funkenstrom von 1 bis 2 Zoll; schaltet man eine Flasche ein, am besten eine Doppelflasche, wie sie Herr Poggendorff angegeben*) und wie sie gewöhnlich für die Holtz'schen Maschinen benutzt wird, so erhält man sehr kräftige, mehrere Zoll lange Funken. Die Wirksamkeit der Maschine ist, wenn sie auch manche complicirte Eigenthümlichkeiten zeigt, unschwer einzusehen.

---

*) Monatsberichte der Berl. Akad. 1865. 18. Febr.

Digitized by Google

Sobald die Rotation der Scheibe beginnt, wird durch die Reibung an dem Amalgam die geriebene Seite — wir wollen sie die hintere nennen — positiv. Ist der geriebene Sector um 180° gedreht, so wird aus dem Einsauger, der hier der vorderen Seite der Scheibe gegenübersteht, negative Electricität auf die vordere Seite ausströmen, die sich mit der positiven, der hinteren, bindet, und zwar wird mehr negative Electricität ausströmen als zur Bindung nöthig ist, da das Ausströmen aus Spitzen geschieht. Der mit dem Einsauger verbundene Conductor wird also positiv, der vorbeigegangene Sector der Scheibe ist hinten positiv, vorne negativ, mit einem Ueberschusse von $-E$. Kommt der betrachtete Sector der Scheibe nun zu dem Reibzeug und zu dem ihm gegenüberstehenden Einsauger zurück, so geht zunächst der Ueberschuss von $-E$ in den Einsauger. Sodann beginnt aber das eigentliche Spiel der Maschine. Da das Kissen isolirt ist, so wird die $-E$, die durch Reibung erzeugt wird, sich auf demselben in möglichst grosser Dichte ansammeln. Das Kissen wird dadurch direkt ziemlich intensiv influenzirend auf die ihm gegenüberstehenden Spitzen wirken. Es strömt aus diesen Spitzen also $+E$ auf die vordere Seite der Scheibe, so dass, wenn die Scheibe das Kissen verlässt, dieselbe auf beiden Seiten positiv ist. Von dieser $+E$ geht die auf der vorderen Seite der Scheibe befindliche direkt in den entfernten Einsauger, wenn sie an denselben kommt, die $+E$ der hintern Seite wirkt, wie schon angegeben, influenzirend.

Während der Drehung ist also die Scheibe constant auf der obern Hälfte (die Scheibe im Sinne des Uhrzeigers rotirend und das Reibzeug links auf der hintern Fläche (cf. Figur) positiv, auf der untern Hälfte hinten positiv, vorne negativ, mit einem Ueberschuss negativer Electricität.

Die $+E$ der beiden Seiten der obern Hälfte kann leicht nachgewiesen werden, die Untersuchung der untern Hälfte der Scheibe ist oft schwierig.

Der Verfasser glaubte anfangs die Maschine verbessern zu können, wenn dem alleinstehenden Einsauger gegenüber eine Papier- oder Metallfläche isolirt aufgestellt würde, auf der sich die $+E$ der hintern Fläche der Scheibe ansammeln könne, und die dann stärker influenzirend wirken sollte. Die hintere Seite der Scheibe ist indess in jedem Punkt bereits nach einigen Umdrehungen bis zum Maximum geladen, so dass sie einen Leiter oder Halbleiter von kleiner einfacher Form nicht dichter laden kann.

Der Umstand, dass auch die geriebene Seite der Scheibe constant

Digitized by Google

bis zum Maximum geladen ist, könnte anscheinend eine Schwierigkeit für die gegebene Erklärung der Maschine bieten. Denn da die hintere Seite von ihrer Ladung nichts abgibt, so könnte man meinen, müssten an der Stelle, wo Reibzeug und Scheibe sich berühren, beide auf den Einsauger influenzirend wirken und zwar gleich stark, aber mit umgekehrtem Zeichen. Indess influenzirt in Wirklichkeit nur das Kissen, da nur seine Electricität frei ist, indem die $+E$ der hinteren Seite der Scheibe durch die $-E$ auf der vorderen gebunden ist. Man kann den Vorgang auch folgender Maassen auffassen: Auf der untern Hälfte der Scheibe ist auf einem Sector hinten $+E$, vorne $-E$, die sich binden. Kommt der betrachtete Sector an das Kissen, so bindet die $-E$ des Kissens die $+E$ der Scheibe und die freigewordene $-E$ der Scheibe geht in den Einsauger.

Aus dem bisher Gesagten ergibt sich, dass die Maschine die positive Electricität in bedeutendem Ueberschuss über die negative liefern muss, da dem negativen Conductor nur Electricität von einer Seite der Scheibe zugeführt wird, dem positiven dagegen von beiden.

Denkt man sich den ganzen Theil der Electricität, der durch Reibung auf dem Glase entsteht, fort, so dass nur die Influenz des negativen Kissens übrig bliebe, so ist die Maschine in ihrem Princip dieselbe, die Herr Holtz in Poggend. Ann. Bd. CXXX Taf. IV Fig. 4 gegeben hat, nur dass jene Maschine für sich keine electromotorische Kraft hat und von einer andern gespeist werden muss. Eine solche Influenzmaschine einfachster Construction, selbst ohne feste Scheibe, kann man für eine Zeit lang schon dadurch wirksam erhalten, dass man ein Stück geriebenes Kautschuk als Electricitätsquelle benutzt, ein Versuch, den Herr Holtz beiläufig in einer Abhandlung erwähnt*), und der den Influenzmaschinen der Hrn. Bertsch und Piche zu Grunde liegt.**)

---

*) Pogg. Ann. Bd. CXXX, S. 130.

**) Ueber die Maschine des Hrn. Bertsch ist, wie ich erst in den letzten Tagen gefunden, in „Les Mondes“ von Moigno (Bd. XII, S. 480; 539; 662. Bd. XV, S. 372; 659. Auch C. R. 1866 Bd. 63, S. 771; 881; 910; 993) eine Reihe Mittheilungen gemacht. Die Maschine besteht aus einer Glasscheibe, zwei Einsaugern und einer geriebenen Kautschukplatte, die dem einen Einsauger gegenüber angebracht ist. — In der Construction unterscheidet sich unsere Maschine von jener also nur dadurch, dass an die Stelle der geriebenen influenzirenden Kautschukplatte ein constant reibendes Kissen getreten ist.

Ich mache mit dieser Verschiedenheit der Construction, wie überhaupt mit der

Digitized by Google

In der im Vorstehenden beschriebenen Maschine ist aber durch die constante Reibung nicht nur eine constante Wirksamkeit der Maschine erreicht; es muss auch, wie mir scheint, bei geeigneter Construction die Leistung der Maschine eine grössere werden. Endlich ist der Gang der Electricitäten in unserer Maschine ein wesentlich anderer.

Ueber die zweckmässigste Construction und Leistung der Maschine können zur Zeit nur allgemeine Angaben gemacht werden. Zunächst ist klar, dass die Wirksamkeit, abgesehen von dem Isolationsvermögen der Scheibe, hauptsächlich davon abhängt, dass die hintere Seite der Scheibe durch Reibung recht stark positiv werde, und das Kissen möglichst dichte negative Electricität ansammele.

Das Reibzeug muss daher gut im Stande sein, und der Flügel von Seidenzeug recht gut an die Scheibe anliegen. Dieser Flügel, der freilich nicht so sehr gross zu sein braucht, ist unbedingt nöthig, um die positive Electricität zunächst hinter dem negativen Einsauger zu binden, da sonst die $+E$ direkt wieder in diesen Einsauger zurückströmt.

Das Kissen ist durch eine einfache Feder, die an einer Glassäule befestigt ist, sanft gegen die Scheibe gedrückt. Der Druck des Kissens kann auf einfache Weise etwas regulirt werden; dasselbe muss nur so wenig gegen die Scheibe drücken, dass, wenn letztere recht schnell rotirt und die Kurbel, mit der man dreht, losgelassen wird, dieselbe wenigstens noch einige Umläufe macht.

Von Glasscheiben sind bisher zwei benutzt von 20 Zoll im Durchmesser, eine ungefirnisste oder auf einer Seite gefirnisste und eine beiderseits mit Schellack überzogene. Wenn dieselben rein gehalten werden, geben sie ziemlich dieselbe Wirkung. Am besten ist es, die geriebene Seite der Scheibe ungefirnisst zu lassen, die vordere mit Schellackfirniss zu überziehen.

Der Verfasser glaubt noch nicht das Maximum der Leistungsfähigkeit der Maschine erreicht zu haben; dieselbe gab indess bisher schon, wie erwähnt, einen continuirlichen Funkenstrom von 1 bis $1^1/_2$ Zoll,

---

hier beschriebenen Maschine keinen Anspruch auf irgend Originalität, denn bei derselben sind mit Hinzunahme der Reibung nur die Principien angewandt, die Hr. Holtz bei seinen Maschinen so elegant benutzt hat; glaubte aber doch eine etwas ausführlichere Beschreibung derselben nicht unterdrücken zu müssen, da abgesehen von ihrer constanten Leistungsfähigkeit unsere Maschine manche Eigenthümlichkeiten zeigt, und überhaupt, wie mir scheint, alles mit den Holtz'schen Maschinen Zusammenhängende nicht allseitig genug studirt werden kann.

Digitized by Google

Büschel von über 2 Zoll und mit einer Doppelflasche Funken von $5^1/_2$ Pariser Zoll.

Bei Vermeidung mancher Uebelstände wird die Schlagweite voraussichtlich noch merklich steigen.

Der Funkenstrom ohne Flasche ist ein dicker rother Faden, der am negativen Pol sehr schön einen scharf begränzten dunklen Raum zeigt und sogar seltsamer Weise bei etwas grösserer Entfernung der Electroden Andeutung von Schichtung erkennen lässt.

Für Erzielung langer Funken ist besonders eine gute Isolation nöthig. Diese Isolation wird von Kammmasse nicht mehr geleistet, und es müssen daher die Axe und Träger der Conductoren aus Glas gemacht werden. Es wurde anfangs einfach das Gestell einer Holtz'schen Maschine benutzt, die ruhende Glasscheibe war entfernt und seitlich ein Reibzeug passend angebracht. Die Maschine wirkte anfangs sehr gut, nach einigen Wochen hatte sie fast alle Wirkung verloren. Es wurden nur mit Mühe kleine Fünkchen erhalten; dafür konnte aber eine grössere Flasche schnell an irgend einer Stelle der Kammmassestücke, selbst in der Nähe des Schnurlaufes, beträchtlich geladen werden. Da die Maschine die positive Electricität im Ueberschuss liefert, so war die Ladung der Flasche natürlich positiv. Der Umstand, dass die positive Electricität von der Maschine im Ueberschuss geliefert wird, bedingt noch eine Eigenthümlichkeit, die für die Erzeugung langer Funken von störendem Einfluss ist. Es bedeckt sich nämlich die positive Conductorkugel leicht mit starkem Glimmlicht, welches das Zustandekommen eines längeren Funkens hindert. Nähert man indess dann dem negativen Conductor einen ableitenden Körper, z. B. den Knöchel des Fingers, so wird durch veränderte Influenz die Glimmentladung des positiven Conductors plötzlich modificirt, und der Funke springt sofort über. Ich habe bisher keine andere einfache Methode finden können, diesen störenden Einfluss des Ueberschusses der positiven Electricität für die Funkenbildung zu vermeiden, als eben eine momentane Ableitung durch die Hand. Eine continuirliche Ableitung des negativen Poles bringt den Uebelstand mit, dass dadurch die electrische Differenz der beiden Conductorenkugeln, die ja die Schlagweite bedingt, sinkt. Um längere Funken zu erhalten ($4 - 5^1/_2$ Pariser Zoll), muss man daher, nachdem man einen Augenblick gedreht hat, den negativen Conductor ableitend berühren. Man kann auf diese Weise ganz regel-

Digitized by Google

mässig Funken, noch Funken von über $4^1/_2$ Zoll Länge, erhalten, die in weniger als einer Secunde auf einander folgen.

Für die Funkenlänge ist ferner die Grösse der Conductorkugeln von wesentlichem Einfluss. Ich habe die beste Wirkung erhalten, wenn die negative Kugel im Durchmesser 52 Mm. hatte (oder statt dessen eine Platte von demselben Durchmesser) und die positive etwa 20 Mm.

Bekanntlich verliert die gewöhnliche Holtz'sche Maschine ihre Ladung, wenn dieselbe nur mit zwei Einsaugern versehen ist, sobald man die Conductoren zu weit von einander entfernt. Bei unserer Maschine können freilich die beiden Conductoren ihre Ladung nie ganz verlieren, indess wird, sobald kein Funkenstrom mehr zwischen den Conductoren vorhanden ist, die Bindung der Electricität durch das Kissen und die hintere Scheibenseite nicht mehr stattfinden können, so dass, wenn keine Funken mehr übergehen, die Wirksamkeit der Maschine, d. h. die Spannung an jedem Pol, erheblich sinkt. — Man kann diesen Umstand auf dieselbe Weise beseitigen, wie Herr Holtz ihn beseitigt hat, nämlich durch Anbringung eines Hilfseinsaugers. In Fig. 2 Taf. III ist die betreffende Anordnung gezeichnet. Der Hilfseinsauger ist mit dem negativen Conductor zu verbinden; derselbe ist so angebracht, dass die Scheibe bei der Rotation erst ihn, dann den negativen Einsauger passirt.

Die Art, wie der Hilfseinsauger wirkt, braucht hier nicht auseinandergesetzt zu werden, da Herr Holtz diesen Gegenstand zu öfteren Malen besprochen hat. — Zu bemerken ist nur, dass mit dem positiven Conductor ein Hilfseinsauger bei unserer Maschine nicht verbunden werden kann. Die Electricitäten sind auf der obern Hälfte der Scheibe frei, der Hilfseinsauger würde daher einfach an Stelle des Haupteinsaugers treten, und dieser letztere dann nur eine für die Leistung der Maschine schädliche Wirkung üben können.

Mit einem Hilfseinsauger, der mit dem negativen Conductor verbunden ist, wirkt die Maschine am zuverlässigsten, doch ist es auch dann noch nöthig, für längere Funken den negativen Conductor momentan abzuleiten.

Digitized by Google

II.

Zwei Influenzmaschinen in neuer Gestalt.

Von Holtz.

(Hiezu Taf. IV. Fig. 5 und 6.)

Herr Professor Poggendorff hat in seinen Annalen 1869 Nr. 1 zwei Einrichtungen der Influenzmaschine des Herrn Holtz, da derselbe durch Krankheit zu arbeiten verhindert ist, folgendermaassen beschrieben:

Die in der Figur 5 abgebildete Maschine ist die in Poggend. Ann. Bd. 126, S. 157 und Bd. 127, S. 320 beschriebene, dahin abgeändert, dass sie, zur Verhütung der Umkehrungen des Stroms, statt des dritten, verticalen Kammes, der mit einer der Electroden verbunden ward, zwei schräg gestellte Kämme enthält, die nicht mit den Electroden, wohl aber unter sich verknüpft sind. Diese Vorrichtung, welche ihrem Zwecke besser als die ältere entspricht, habe ich zwar schon seit Ende 1866 an meiner Maschine angebracht und auch im Februar 1867 in einer Mittheilung an die Akademie beschrieben; allein Hr. Holtz hat sie vervollkommt, einmal dadurch, dass er den schrägen Conductor verstellbar macht (während er bei mir einen festen Winkel von 45° mit der Verticalen bildet), und dann dadurch, dass die Papierbelege der festen Scheibe bis hinter ihm und selbst darüber hinaus, bis zu einer Ausdehnung von 90°, verlängert sind, wodurch zwar die Stromumkehrungen nicht so vollständig wie bei meiner Vorrichtung verhütet werden, allein andrerseits der Vortheil erreicht wird, dass die Maschine sich leichter, schon ohne Zusammenschiebung der Electroden, erregen lässt, und wenig oder gar nichts von ihrer Electricität verliert. Nur wenn die Electroden sehr weit auseinander gezogen werden, geht ein Theil der Electricität für die Nutzanwendung verloren, indem derselbe seinen Weg durch den schrägen Conductor nimmt; besonders ist diess der Fall, wenn die Electroden in grossen Kugeln endigen.

Die Verstellbarkeit des schrägen Conductors ist bei der neuen Maschine in eleganter Weise dadurch ermöglicht, dass die rotirende Scheibe nur eine einseitige Axe besitzt, die von einer soliden Holzsäule getragen wird, und zwar mittelst eines centralen festen Kerns von Stahl, der in einer Durchbohrung wiederum die Axe des Conductors aufnimmt.

Die feste Scheibe hat vier Stützpunkte, unten in einer Nuthe, im centralen Ausschnitt an einem horizontalen Arm der Holzsäule, und an

Digitized by Google

beiden Seiten durch Schrauben von Horngummi, die mit den Electroden verbunden sind, und gegen welche diese feste Scheibe sich anlegt, da sie von der rotirenden angezogen wird.

Die Säulen, welche die Electroden tragen, sind drehbar um 90°, wodurch die Kämme zurückgeschlagen werden können und die rotirende Scheibe frei gelegt wird, um sie etwa zu reinigen oder herauszunehmen. Die rotirende Scheibe ist nicht gefirnisst, die feste ist es schwach. Die Kugeln, durch welche die Electroden gehen, sind unten durchbohrt, um die inneren Leitstangen zweier Leydener Flaschen aufzunehmen, welche auf die unter sich leitend verbundenen Plättchen in dem Fussbrett der Maschine gestellt werden.

An meinem Exemplar dieser neuen Maschine, die übrigens schon seit einiger Zeit von Berliner Mechanikern mehrfach ins Publikum gebracht worden ist, habe ich die Angabe des Herrn Holtz bestätigt gefunden, dass die Funkenlänge, die man mit den beigegebenen Flaschen aus dickem Glase erzielen kann, ziemlich nahe gleich ist dem Radius der rotirenden Scheibe, fast acht Pariser Zoll. Diese Funkenlänge ist aber begreiflich kein Maass der von der Maschine gelieferten Electricitätsmenge, da sie ebensowohl von der Beschaffenheit der Flaschen als von der Wirksamkeit der Maschine abhängt.

Bei meiner Maschine habe ich noch ein Paar Abänderungen anbringen lassen, die mir zum Behufe von Untersuchungen nützlich zu sein schienen. Fürs Erste sind die Electroden, die in der abgebildeten Maschine nur vier Pariser Zoll von der rotirenden Scheibe ab stehen, ums Doppelte von derselben entfernt, weil ich fand, dass die Nähe der Scheibe störend auf die Erscheinungen zwischen den Electroden einwirkt. Der Büschel z. B., den man von sechs Par. Zoll Länge erhalten kann, ging im ersteren Falle nicht von der einen Electrode zur andern, sondern, angezogen von der Scheibe, hoch zu derselben hinauf. Zweitens sind die Stützen der Electroden gabelförmig nach oben verlängert, um Geissler'sche Röhren, die man untersuchen will, darauf legen zu können. Drittens ist zur Einschaltung von Körpern in den Strom, statt der abgebildeten Vorrichtung, ein bewegliches isolirendes Stativ hinzugefügt, welches eine durchbohrte, mit Schraube versehene Kugel trägt und nach Erforderniss zwischen die Electroden gestellt wird. Viertens endlich ist der schräge Conductor mit einer isolirenden Hülle umgeben, um zu verhüten, dass Funken zu ihm überschlagen; auch ist die Vorrichtung getroffen, dass die leitende Verbindung zwischen seinen beiden

Digitized by Google

Kämmen erforderlichenfalls aufgehoben werden kann, wie bei meiner älteren Maschine.

Die untere der auf Taf. IV abgebildeten Maschinen stellt die in Pogg. Ann. Bd. 130 S. 128 beschriebene in verbesserter Gestalt vor. Die Verbesserung besteht wesentlich darin, dass erstens die rotirenden Scheiben vertical gestellt sind, und zweitens eine jede derselben mit einem verstellbaren Conductor versehen ist. Da ich diese sinnreiche Maschine bisher noch nicht näher untersucht habe, so enthalte ich mich vorläufig eines Urtheils über dieselbe.*)

Poggendorff.

---

*) Anmerkungsweise will ich hier hinzufügen, dass ich dieser Tage eine Anzeige von dem Mechanikus Hrn. C. Winter in Wien (Wieden, Waaggasse 5) erhalten habe, worin derselbe es als eine von ihm gemachte Entdeckung bezeichnet, dass sich die Influenzmaschinen auch aus dickem Spiegelglase darstellen lassen, wodurch er in den Stand gesetzt sei, dieselben in grossem Maassstabe zu verfertigen. In einem mitgesandten Preiscourante bietet er Maschinen von 30 zölligen Scheiben für 170 Gulden an.

Die Thatsache war mir nicht neu; ich selbst beobachtete sie vor etwa einem halben Jahre, als ich darauf verfiel, die dünne Scheibe meiner Influenzmaschine durch die eben so grosse, aber drei Linien dicke und ungefirnisste Spiegelglasscheibe einer gewöhnlichen Electrisirmaschine zu ersetzen. Da ich indess keinen Vortheil davon sah, so liess ich die Sache liegen. Hr. W., dem jedenfalls das Verdienst der Nutzanwendung dieser Thatsache bleibt, würde dasselbe beträchtlich erhöhen, wenn er bei Anfertigung grösserer Maschinen weniger auf Verlängerung der Funken, als auf Vermehrung der Electricitätsmenge Bedacht nähme. Die schon darauf berechnete Maschine des Hrn. Holtz, deren ich beiläufig in Pogg. Ann. Bd. 134, S. 600 erwähnte, und die einen Durchmesser von etwa zwei Fuss besitzt, zeigte deutlich (namentlich durch die ungemein schönen Lichtschichtungen in evacuirten Röhren ohne Einschaltung eines äusseren Widerstandes), was man von einer Vervollkommnung in diesem Sinne zu erwarten hat. Für die meisten Anwendungen werden indess die kleineren Maschinen wohl immer den Vorzug behalten.

Digitized by Google

Magnetische Ortsbestimmungen.

Zusammengestellt

von

Ph. Carl.

I.

Zum Behufe der von mir kürzlich publicirten magnetischen Wandkarten habe ich eine grosse Menge von Ortsbestimmungen gesammelt. Es bot sich mir hiezu durch meinen früheren, achtjährigen Aufenthalt an der hiesigen Sternwarte ganz besonders günstige Gelegenheit dar. Da die einschlägige Literatur nicht allgemein zugänglich ist, so schien es mir nicht unzweckmässig, für die Leser des Repertoriums die besseren magnetischen Ortsbestimmungen in übersichtlicher Zusammenstellung zu geben. Ich beginne mit den Positionen, welche Professor von Lamont grösstentheils selbst angestellt und bearbeitet hat; das Detail derselben findet sich in folgenden Schriften:

Lamont. Magnetische Ortsbestimmungen, ausgeführt an verschiedenen Punkten des Königreiches Bayern. 2 Bde.

Lamont. Magnetische Karten von Deutschland und Bayern.

Lamont. Untersuchungen über die Richtung und Stärke des Erdmagnetismus an verschiedenen Punkten des südwestlichen Europa.

Lamont. Untersuchungen über die Richtung und Stärke des Erdmagnetismus in Norddeutschland, Belgien, Holland und Dänemark.

Das Detail der nun folgenden Tabellen ist von selbst verständlich; es wäre allenfalls nur zu bemerken, dass die Intensität nach absolutem Maasse (und zwar Gauss'schen Einheiten) angegeben ist.

Digitized by Google

Deutschland und angrenzende Länder.

Nach Lamont.

Ort	Länge von Ferro	Breite	Declination	Horizontal-Intensität	Inclination	Jahr
Aachen	23° 45′	50° 47′	19° 14′,6	1,8143	67° 26′,7	1858
Adelsberg	31 54	45 46	13 56,2	2,0791	62 43,3	1850
Adelsberger Grotte	31 54	45 7	— —	2,0797	62 47,8	„
Admont	32 8	47 35	14 14,4	2,0084	63 59,5	„
Aflenz	32 54	47 32	13 54,7	2,0109	63 53,4	„
Agram	33 40	45 48	13 34,5	2,0951	62 24,6	„
Aibling	29 40	47 52	15 31,6	1,9669	64 43,1	„
Alessandria	— —	— —	— —	2,0627	— —	„
Algier	20 44	36 47	17 43	2,3975	56 57	„
Alt-Arad	38 59	46 11	10 53,0	2,1207	56 26,0	„
Altenmarkt	— —	— —	— —	1,9951	— —	„
Alt-Orsowa	40 4	44 42	10 41,1	2,1936	— —	„
Altheim	30 51	48 15	15 10,4	1,9605	64 43,7	„
Altona	27 36	53 53	16 18,3	1,7440	68 35,4	1858
Altorf (Schweiz)	— —	— —	— —	1,9939	— —	1850
Altötting	30 20	48 13	15 18,0	1,9945	64 50,5	„
Amalfi	30 22	59 3	— —	2,4252	— —	„
Amberg	29 32	49 27	15 59,1	1,8998	65 53,0	„
Ansbach	28 14	49 18	— —	1,8973	65 59,7	„
Anweiler	— —	— —	— —	1,8893	66 22,8	„
Aosta	— —	— —	— —	2,0029	— —	„
Arnstein	27 37	49 58	16 54,5	1,8676	66 29,4	„
Art	— —	— —	— —	1,9808	— —	„
Aschaffenburg	26 51	49 58	17 28,6	1,8550	66 43,4	„
Audermatt	— —	— —	— —	1,9939	— —	„
Augsburg	28 34	48 22	16 15,0	1,9367	65 14,9	„
Baden (bei Wien)	33 54	48 0	— —	2,0040	— —	„
Bamberg	28 32	49 53	16 24,6	1,8733	66 19,6	„
Basel	25 15	47 33	— —	1,9491	— —	„
Bayreuth	29 12	49 57	16 16,8	1,8782	66 18,6	„
Bellovar	34 32	45 53	13 14,7	2,0939	— —	„
Belluno	29 53	46 8	14 35,7	2,0458	63 18,0	„
Benediktbeuern	29 4	47 42	15 57,8	1,9689	64 44,7	„
Benediktenwand	29 7	47 39	15 53,5	1,9720	64 38,8	„
Berchtesgaden	30 40	47 38	— —	1,9880	64 23,8	„
Berlin	31 3	52 30	14 23,8	1,8041	67 31,1	1858
Bern	25 6	46 57	— —	1,9641	— —	1850
Besançon	23 42	47 14	— —	1,9424	— —	„
Bistritz	42 10	47 8	9 53,0	2,1101	62 36,1	„
Bleiberg	31 22	46 36	— —	2,0356	63 24,3	„
Bludenz	27 25	47 9	16 39,0	1,9818	64 28,9	„
Bodenbach	31 52	50 46	14 55,7	1,8563	66 19,1	„
Böckstein	30 42	47 0	— —	2,0154	63 45,9	„
Bologna	29 1	44 30	— —	2,1571	— —	„
Bonn	24 46	50 44	17 37,5	1,8277	67 11,7	1858
Bonneville	— —	— —	— —	1,9776	— —	1850
Borghetto	— —	— —	— —	2,1090	— —	„
Bormio	28 1	46 30	17 0,2	2,0090	63 54,6	„
Botzen	28 58	46 30	15 47,5	2,0193	63 46,4	„
Bramberg	27 22	50 53	— —	1,9503	— —	„
Bramstedt	27 33	53 55	— —	1,7102	— —	„
Bregenz	27 21	47 30	16 39,6	1,9656	64 47,8	„

Digitized by Google

Ort	Länge von Ferro	Breite	Declination	Horizontal-Intensität	Inclination	Jahr
Bremen	26° 28′	53° 5′	— —	1,7396	— —	1850
Brenner	29 5	47 0	16° 56′,2	2,0021	68° 57′,5	„
Brescia	27 51	45 32	16 15,2	2,0574	63 8,5	„
Breslau	34 42	51 7	12 12,4	1,8825	66 8,0	1858
Brieg	— —	— —	— —	2,0035	— —	1850
Brienz	— —	— —	— —	1,9800	— —	„
Bromberg	35 41	53 7	11 18,7	1,8219	67 20,4	1858
Bruck a. d. Mur	32 57	47 25	13 52,6	2,0172	63 50,1	1850
Brunnecken	29 34	46 48	15 27,5	2,0161	63 50,0	„
Brünn	34 17	49 11	13 47,9	1,9527	65 3,5	„
Brüssel	22 0	50 51	19 15,2	1,8030	67 39,8	1858
Budweis	32 8	49 0	— —	1,9544	64 49,8	1850
Burgau	28 4	48 26	16 29,3	1,9328	65 23,9	„
Bürgeln	— —	— —	— —	1,9785	— —	„
Burghausen	30 30	48 10	15 17,9	1,9591	64 49,2	„
Carlowitz	37 37	45 11	11 6,5	2,1971	61 0,7	„
Carlsruhe	26 5	49 0	17 30,3	1,8908	66 8,4	„
Carlstadt	33 15	45 29	13 49,1	2,0992	62 13,1	„
Cassel	27 10	51 19	16 23,3	1,8271	67 10,7	1858
Catania	32 46	37 28	— —	2,5631	— —	1850
Cattaro	36 19	42 25	12 2,1	2,2794	59 22,8	„
Cettigne	36 28	42 24	— —	2,2828	59 5,1	„
Cham	30 20	49 14	15 28,2	1,9143	65 39,5	„
Chamounix	— —	— —	— —	2,0072	— —	„
Chapin	— —	— —	— —	1,9980	— —	„
Chiesch	30 55	50 6	15 19,6	1,8792	65 43,3	„
Chlumetz	33 8	50 9	14 9,3	1,8988	— —	„
Christiania	28 23	59 55	— —	1,5728	71 35,2	„
Cilly	32 58	46 14	— —	2,0728	62 52,5	„
Coblenz	25 16	50 22	— —	1,8315	— —	„
Col de Balme	— —	— —	— —	2,0017	— —	„
Col de Scigne	— —	— —	— —	1,9972	— —	„
Col de Voza	— —	— —	— —	1,9886	— —	„
Col du Bonhomme	— —	— —	— —	1,9986	— —	„
Como	26 44	45 48	16 58,0	2,0265	63 39,0	„
Conegliane	29 58	45 53	15 16,0	2,0551	63 6,7	„
Contamine	— —	— —	— —	1,9973	— —	„
Copenhagen	30 15	55 41	15 12,5	1,6758	69 28,5	1858
Cormayeur	— —	— —	— —	1,9923	— —	1850
Corsör	28 47	55 20	16 24,8	1,6678	69 36,4	1858
Cosenza	— —	— —	— —	2,4198	— —	1850
Cracau	37 27	50 4	11 33,0	1,9383	65 23,9	„
Cremona	27 41	45 8	16 11,1	2,0760	62 55,1	„
Culmbach	29 9	50 6	16 15,4	1,8665	66 25,3	„
Czaslau	33 2	49 57	14 2,3	1,9174	65 19,8	„
Czernowitz	43 41	48 17	9 20,5	2,0709	63 20,2	„
Darmstadt	26 19	49 52	17 9,9	1,8201	66 59,4	„
Deggendorf	30 38	48 50	15 19,8	1,9326	65 19,4	„
Deutschbrod	— —	— —	— —	1,9206	— —	„
Dijon	22 42	47 19	— —	1,9335	— —	„
Dillingen	28 9	48 35	16 27,6	1,9268	65 25,6	„
Dirschau	36 26	54 4	10 35,6	1,7624	68 17,6	1858
Dobro	40 13	45 54	10 15,5	2,1530	61 33,0	1850
Dobraz	31 21	46 52	— —	2,0265	63 25,6	„
Domo d'Ossola	25 57	46 7	— —	2,0091	— —	„

Digitized by Google

Ort	Länge von Ferro	Breite	Declination	Horizontal-Intensität	Inclination	Jahr
Donaueschingen	26° 8′	47° 57′	17° 21′,1	1,9372	65° 18′,4	1850
Donauwörth	28 27	48 43	16 20,5	1,9220	65 32,9	„
Dresden	31 24	51 3	— —	1,8478	— —	„
Durlach	26 9	49 0	17 28,2	1,8929	66 7,0	„
Eisenach	28 0	50 59	— —	1,8218	—	„
Eisenerz	32 33	47 32	14 10,4	2,0092	63 54,2	„
Emden	24 52	53 22	18 9,4	1,7257	68 52,1	1858
Empoli	28 37	43 43	— —	2,1423	— —	1850
Erlau	38 3	47 53	11 33,5	2,0468	63 30,6	„
Erzberg	32 36	47 30	— —	2,0025	63 58,8	„
Esseg	36 22	45 32	12 21,3	2,1215	61 50,1	„
Faulhorn	25 40	46 41	— —	1,9779	— —	„
Fiume	32 3	45 19	14 23,8	2,1004	62 24,6	„
Flensburg	54 47	27 6	16 6,3	1,6836	69 23,9	1858
Florenz	28 54	43 46	— —	2,1460	61 53,0	1850
Fogaros	42 43	45 50	9 40,5	2,1712	61 19,2	„
Frankfurt a. M.	26 41	50 7	— —	1,8463	— —	„
Freiberg	— —	— —	— —	1,8575	— —	„
Freyburg	25 31	48 10	17 39,3	1,9340	65 28,4	„
Freysing	29 24	48 24	15 47,5	1,9418	65 10,2	„
Fünfkirchen	35 55	46 4	12 39,7	2,0986	62 17,8	„
Füssen	28 22	47 34	16 15,9	1,9707	64 40,4	„
Gaisberg	30 47	47 48	15 11,5	1,9725	64 32,4	„
Gamskarkogel	30 46	47 6	— —	2,0151	63 46,0	„
Gastein	30 45	47 10	15 8,9	2,0157	63 58,1	„
Gemünden	— —	— —	— —	1,8583	66 41,1	„
Genf	23 49	46 12	18 4,7	1,9893	— —	„
Gent	51 3	21 23	19 33,6	1,7776	68 0,1	1858
Genua	26 34	44 24	— —	2,1034	62 23,2	1850
Gleichenberg	33 37	46 52	13 26,9	2,0404	63 26,8	„
Gmünd	31 10	46 54	15 11,2	2,0299	63 42,2	„
Gotha	28 24	50 56	15 37,9	1,8479	66 50,4	1858
Golling	30 48	47 35	15 5,5	2,0037	64 24,1	1850
Görlitz	51 9	32 39	13 33,8	1,8639	66 29.9	1858
Görz	31 18	45 56	14 6,7	2,0661	62 56,2	1850
Götheborg	29 38	57 42	— —	1,5968	— —	„
Göttingen	27 36	51 32	17 9,2	1,7989	67 21,7	„
Grand plateau	— —	— —	— —	2,0013	— —	„
Grands Mulets	— —	— —	— —	1,9952	— —	„
Grätz	33 8	47 4	13 54,4	2,0327	63 28,9	„
Gratzen	32 27	48 48	14 12,3	1,9470	64 44,8	„
Greding	29 1	49 3	16 5,8	1,9121	65 43,4	„
Grimsel-Spital	— —	— —	— —	1,9810	— —	„
Gunzenhausen	28 25	49 7	16 28,5	1,9054	65 47,2	„
Günzburg	27 56	48 27	16 32,1	1,9309	65 23,1	„
Haag	29 50	48 10	15 35,4	1,9529	64 55,2	„
Hammerl	— —	— —	— —	2,0158	— —	„
Hannover	27 24	52 22	16 25,7	1,7890	67 49,7	1858
Heidelberg	26 21	48 39	17 26,7	1,8797	66 19,9	1850
Hermannstadt	41 53	45 17	9 39,6	2,1789	61 16,9	„
Hersbruck	29 5	49 31	16 11,7	1,8955	65 59,1	„
Hochberg	30 19	47 50	15 18,5	1,9701	65 42,5	„
Hohenelbe	33 16	50 37	14 11,5	1,8723	66 3,1	„
Hohenpeissenberg	28 41	47 48	16 10,0	1,9642	64 47,6	„
Holzkirchen	29 22	47 52	15 49,9	1,9650	64 43,3	„

Digitized by Google

Ort	Länge von Ferro	Breite	Declination	Horizontal-Intensität	Inclination	Jahr
Homburg	25° 1′	49° 19′	18° 9′,4	1,8707	66° 28′,7	1850
Höllsteig (Schwarzwald)	— —	— —	— —	1,9396	65 22,4	„
Höllstein	— —	— —	— —	1,9432	— —	„
Hörnle	28 43	47 39	16 5,0	1,9680	64 36,3	„
Jacobeny	43 3	47 26	8 53,8	2,1064	62 34,2	„
Iglau	33 18	49 25	13 55,3	1,9301	65 15,7	„
Immenstadt	27 53	47 33	16 32,3	1,9680	64 45,8	„
Imst	28 20	47 14	16 13,4	1,9819	64 22,6	„
Ingolstadt	29 5	48 46	15 59,9	1,9092	65 38,5	„
Innsbruck	28 59	47 16	16 56,4	1,9842	64 13,6	„
Ischia	— —	— —	— —	2,3948	— —	„
Ischl	31 14	47 43	15 4,1	1,9802	64 26,2	„
Isola Bella	26 12	45 53	— —	2,0236	63 44,3	„
Kaiserslautern	25 25	49 28	17 56,1	1,8685	66 32,3	„
Kallwang	32 25	47 27	14 2,8	2,0123	63 48,6	„
Kapfenberg	32 58	47 26	— —	2,0113	— —	„
Karansebes	39 52	45 24	10 24,7	2,1627	61 5,2	„
Karlsburg	41 19	46 4	9 40,7	2,1630	61 36,5	„
Kaschau	38 59	48 41	11 5,9	2,0097	64 7,4	„
Kaufbeuern	28 17	47 53	16 27,5	1,9552	64 49,1	„
Kehl	25 29	48 34	16 52,1	1,9070	65 47,8	„
Kempten	27 58	47 43	16 28,7	1,9610	64 52,3	„
Kenese	35 48	47 2	12 44,4	2,0566	63 12,2	„
Kesmark	38 9	49 8	11 30,5	1,9846	64 39,4	„
Kiel	27 49	54 19	16 22,5	1,7145	69 7,0	1858
Klagenfurt	31 58	46 37	14 23,6	2,0370	63 23,8	1850
Klattau	31 2	49 24	15 18,0	1,9055	65 6,3	„
Klausenburg	41 20	46 46	9 58,4	2,1121	62 20,1	„
Kochel	29 2	47 39	15 56,9	1,9707	64 41,1	„
Kohlgrub	28 43	47 40	16 6,4	1,9695	64 35,3	„
Kommotau	31 5	50 27	15 8,6	1,8580	66 2,3	„
Komorn (Szöny)	35 52	47 45	12 28,7	2,0289	63 40,0	„
Königsberg	38 10	54 43	10 11,8	1,7167	68 49,2	1858
Kreith	31 19	46 36	— —	2,0297	63 23,1	1850
Kremsmünster	31 48	48 3	14 45,4	1,9719	64 36,9	„
Kreuzwerthheim	— —	— —	— —	1,8689	66 26,1	„
Kwasnei	33 55	50 12	— —	1,8964	65 29,1	„
La Sala	— —	— —	— —	2,4321	— —	„
Lagonegro	— —	— —	— —	2,4179	— —	„
Laibach	32 12	46 3	14 3,3	2,0688	— —	„
Laipa	32 12	50 41	— —	1,8630	66 10,1	„
Landeck	28 11	47 8	16 21,8	1,9908	64 20,6	„
Landsberg (Bayern)	28 33	48 3	16 14,7	1,9497	65 1,4	„
Landsberg (Preussen)	32 55	53 44	13 17,5	1,8065	67 27,3	1858
Landshut	29 48	48 32	15 42,4	1,9392	65 12,1	1850
Langenkandel	25 50	40 5	17 45,6	1,8910	66 9,2	„
Laufen	30 36	47 56	15 17,2	1,9646	64 43,2	„
Lauterecken	— —	— —	— —	1,8623	66 43,0	„
Leipzig	30 2	51 20	14 45,4	1,8463	66 46,2	1858
Leitomischl	33 59	49 53	13 31,9	1,9248	65 19,6	1850
Leutschau	38 19	49 1	11 20,6	1,9907	64 28,8	1850
Leyden	22 9	52 9	19 14,9	1,7561	68 21,7	1858
Lichtenfels	29 11	50 9	16 29,8	1,8663	66 29,2	1850
Lienz	30 24	46 50	15 5,1	2,0241	63 48,0	„
Lietzen	31 56	47 34	14 19,2	2,0048	64 7,9	„

Digitized by Google

Ort	Länge von Ferro	Breite	Declination	Horizontal-Intensität	Inclination	Jahr
Lindau	27° 20′	47° 35′	16° 52′,5	1,9608	64° 44′,6	1850
Linz	31 58	48 18	14 48,4	1,9671	64 36,1	„
Lohatsch	— —	— —	— —	2,0761	— —	„
London	22 26	51 31	20 31,5	1,7307	68 48,0	„
Losoncz	37 22	48 19	11 43,0	2,0104	64 6,6	„
Löwen	22 22	50 53	— —	1,7963	— —	„
Lübeck	28 41	53 52	— —	1,7173	— —	„
Ludwigshafen	26 6	49 29	17 33,7	1,8697	66 35,1	„
Lüttich	23 11	50 39	— —	1,7926	— —	„
Lugano	26 36	46 0	— —	2,0399	— —	„
Lyon	22 29	45 46	— —	1,9943	— —	„
Magdeburg	29 18	52 8	— —	1,7907	— —	„
Mailand	26 51	45 28	— —	2,0562	63 6,9	„
Mallebern	— —	— —	— —	1,9851	— —	„
Mali Hallan	33 23	44 22	— —	2,1501	61 32,1	„
Mals	28 10	46 41	16 15,8	2,0063	63 59,8	„
Mannheim	26 9	49 29	17 31,0	1,8692	66 30,0	„
Mantua	28 27	45 9	15 31,4	2,0795	62 54,3	„
Marburg (Oesterr.)	33 23	46 35	13 32,6	2,0480	63 11,9	„
Marburg	26 26	50 49	17 40,4	1,8242	67 17,8	„
Marchirolo	— —	— —	— —	2,0286	— —	„
Marcote	— —	— —	— —	2,0280	— —	„
Maria Zell	— —	— —	— —	1,9736	— —	„
Marina di Rio	— —	— —	— —	2,2512	— —	„
Maros-Vasarhely	42 18	46 32	10 10,7	2,1304	62 14,6	„
Martigny	— —	— —	— —	2,0054	— —	„
Mastricht	23 21	50 51	— —	1,8074	— —	„
Mecheln	22 9	51 2	19 12,9	1,8013	67 38,6	1858
Meersburg	26 57	47 41	17 1,2	1,9546	65 3,9	1850
Mehadia	40 5	44 53	10 39,1	2,1842	— —	„
Meissen	31 8	51 10	— —	1,8455	— —	„
Memmingen	27 50	48 0	16 34,5	1,9500	65 2,7	„
Mer de Glace	— —	— —	— —	2,0008	— —	„
Meran	28 48	46 40	15 58,9	2,0138	63 52,8	„
Messina	33 14	38 11	— —	2,5006	— —	„
Meyringen	— —	— —	— —	1,9796	— —	„
Miesbach	29 31	47 47	15 37,7	1,9676	64 42,4	„
Mindelheim	28 9	48 3	16 26,9	1,9500	65 1,2	„
Mola di Gaete	31 17	41 15	— —	2,2847	— —	„
Mont Blanc	24 32	45 50	— —	1,9924	— —	„
Monte Calamita	— —	— —	— —	2,1706	— —	„
Monte Chiesa	— —	— —	— —	2,1275	— —	„
Monte Leone	— —	— —	— —	2,5021	— —	„
Mölk	33 1	48 14	13 46,1	1,9791	64 34,8	„
Munkacz	40 27	48 26	10 16,8	2,0338	63 38,8	„
Murnau	28 56	47 41	16 1,6	1,9673	64 38,4	„
München	29 16	48 9	15 53,9	1,9523	64 59,5	„
Münster	25 18	51 58	17 28,7	1,7862	67 52,6	1858
Nachod	33 48	51 25	— —	1,8869	65 42,1	1850
Nagy Banya	41 18	47 39	9 13,5	2,0941	62 50,9	„
Neapel	31 55	40 51	— —	2,3166	58 27,0	„
Neu-Gradiska	35 5	45 14	12 58,7	—	— —	„
Neuburg a./D.	28 51	48 45	15 56,4	1,9246	65 24,9	„
Neuhaus	32 39	49 8	14 14,9	1,9395	64 54,8	„
Neumarkt	29 9	49 16	16 5,3	1,9068	65 50,5	„

Digitized by Google

Ort	Länge von Ferro	Breite	Declination	Horizontal-Intensität	Inclination	Jahr
Neunburg v./W.	30° 3′	49° 20′	15° 38′,4	1,9076	65° 45′,1	1850
Neustadt a./H.	25 48	49 22	17 46,0	1,8701	66 27,1	,,
Neustadl	32 52	45 8	13 27,1	2,0847	62 38,2	,,
Nisko	39 49	50 34	10 12,5	1,9433	65 15,5	,,
Nürnberg	28 43	49 27	16 19,5	1,9017	65 54,8	,,
Obergesteln	— —	— —	— —	1,9923	— —	,,
Oberhausen	24 30	51 29	17 56,0	1,7937	67 39,2	1858
Ofen	36 43	47 29	12 20,4	2,0429	63 15,9	1850
Offenburg	25 38	48 28	17 43,0	1,9122	65 43,3	,,
Olmütz	34 55	49 36	13 8,8	1,9307	65 18,1	,,
Ornavasco	— —	— —	— —	2,0320	— —	,,
Orsceriers	— —	— —	— —	1,9854	— —	,,
Osterhofen	29 40	47 41	15 44,5	1,9738	64 31,7	,,
Ottocaz	33 4	44 51	14 4,6	2,1214	61 47,0	,,
Oedenburg	34 18	47 41	13 30,4	2,0149	63 50,6	,,
Oellingen	25 18	47 37	17 44,2	1,9464	65 12,5	,,
Oettingen	28 16	48 57	16 28,0	1,9102	65 39,5	,,
Padua	29 32	45 24	15 11,3	2,0736	62 52,2	,,
Palermo	31 1	38 7	— —	2,4803	— —	,,
Paris	20 0	48 50	20 35,8	1,8577	66 40,8	,,
Partenkirchen	28 46	47 30	16 2,4	1,9740	64 30,0	,,
Passau	31 8	48 34	15 8,2	1,9451	65 6,1	,,
Pavia	26 50	45 11	— —	2,0627	63 7,1	,,
Peitting	28 35	47 48	16 14,0	1,9630	— —	,,
Petrinia	33 58	45 26	13 30,0	2,1027	62 6,8	,,
Pfaffenhofen	28 34	48 33	16 1,3	1,9343	65 18,7	,,
Pforzheim	26 21	48 54	17 29,6	1,8984	66 9,4	,,
Pilsen	31 3	49 45	— —	1,8931	65 25,3	,,
Pirmasenz	25 17	49 12	17 59,1	1,8727	66 29,0	,,
Pisa	28 4	43 43	— —	2,1404	61 49,7	,,
Pisek	31 49	49 19	14 48,1	1,9143	65 1,3	,,
Planian	— —	— —	— —	1,9000	— —	,,
Pola	31 27	44 52	14 10,3	2,1140	62 13,0	,,
Polsterberg (Gipfel)	32 37	47 28	— —	2,0083	63 54,5	,,
Porto-Ferrajo	28 0	42 49	— —	2,1868	— —	,,
Porto-Longone	— —	— —	— —	2,2014	— —	,,
Posen	34 14	52 25	12 15,6	1,8287	67 4,9	1858
Prag	32 5	50 5	14 38,3	1,8911	66 5,2	1850
Pressburg	34 44	48 9	13 22,0	2,0016	63 59,0	,,
Prutz	— —	— —	— —	1,9897	— —	,,
Przemysl	40 30	49 47	9 35,6	1,9809	64 48,9	,,
Rachel	31 3	48 59	14 58,9	1,9280	65 22,8	,,
Radicofani	— —	— —	— —	2,2218	— —	,,
Radstadt	31 8	47 23	15 2,8	2,0085	64 10,2	,,
Ragusa	35 41	42 38	12 17,6	2,2620	59 29,4	,,
Rattenberg	29 17	47 27	15 41,1	1,9858	64 22,0	,,
Regen	30 48	48 57	15 17,5	1,9269	65 23,8	,,
Reichenau	33 56	50 11	13 44,4	1,8997	65 30,1	,,
Reichenberg	32 44	50 46	14 42,5	1,8635	66 8,1	,,
Reichenhall	30 33	47 43	15 18,6	1,9805	64 36,2	,,
Rigi	26 9	47 3	— —	1,9715	— —	,,
Riva	28 30	45 53	— —	2,0536	63 15,5	,,
Rorschach	— —	— —	— —	1,9640	— —	,,
Rom	30 8	41 54	14 31,0	2,2459	59 38,0	,,
Ronco	— —	— —	— —	2,0831	— —	,,

Digitized by Google

Ort	Länge von Ferro	Breite	Declination	Horizontal-Intensität	Inclination	Jahr
Rosenheim	29° 48′	47° 52′	15° 28′,2	1,9675	64° 43′,6	1850
Rostock	29 49	54 5	15 16,9	1,7437	68 39,4	1858
Rota	— —	— —	— —	2,0998	— —	1850
Rolando di Calabria	— —	— —	— —	2,4272	— —	„
Roth	29 47	47 59	— —	1,9051	65 55,0	„
Rothenburg	27 51	49 23	16 44,3	1,8922	66 2,0	„
Roveredo	28 40	45 56	— —	2,0243	— —	„
Rovigo	29 26	45 4	15 3,7	2,0864	62 37,8	„
Röthenbach	— —	— —	— —	1,9655	64 53,1	„
Rzeszow	39 40	50 3	10 19,6	1,9645	65 2,7	„
Sailing	28 5	47 32	16 14,8	1,9720	64 40,5	„
Sallanches	— —	— —	— —	1,9980	— —	„
Salzburg	30 42	47 48	15 18,5	1,9703	64 38,6	„
San Pietro al monte	— —	— —	— —	2,1984	— —	„
Schaffhausen	26 18	47 42	— —	1,9533	— —	„
Schärding	31 4	48 27	15 8,4	1,9573	64 43,1	„
Schäsburg	42 32	46 13	10 15,3	2,1605	61 43,0	„
Schemnitz	36 35	48 27	12 23,3	2,0084	64 3,3	„
Schliersee	29 32	47 44	15 37,5	1,9710	64 33,9	„
Schottwien	33 32	47 39	13 53,8	2,0156	63 54,7	„
Schönau	— —	— —	— —	1,8535	— —	„
Schönberg	31 0	48 51	15 9,9	1,9445	65 6,5	„
Schützenmatte	— —	— —	— —	1,9448	— —	„
Schwandorf	29 47	49 20	15 47,7	1,9072	65 45,8	„
Schwarzalp	— —	— —	— —	1,9619	— —	„
Schweinfurt	27 54	50 3	16 50,8	1,8659	66 32,2	„
Scorza	— —	— —	— —	2,3862	— —	„
Sebenico	33 26	43 44	13 36,7	2,1786	60 57,0	„
Seefeld (Tyrol)	— —	— —	— —	1,9832	— —	„
Seelau	32 57	49 32	14 3,0	—	65 12,8	„
Seewiesen	— —	— —	— —	2,0068	— —	„
Semlin	38 4	44 50	11 31,0	2,1588	— —	„
Senftenberg	34 7	50 5	13 34,7	1,9058	65 45,3	„
Servoz	— —	— —	— —	2,0017	— —	„
Seste Calende	— —	— —	— —	2,0369	— —	„
Sestre de Levante	— —	— —	— —	2,0979	— —	„
Siena	29 0	43 19	— —	2,1904	— —	„
Silberberg	32 23	48 38	— —	—	64 33,8	„
Simplon (Dorf)	— —	— —	— —	2,0063	— —	„
Solothurn	25 12	47 13	— —	1,9547	— —	„
Sondrio	27 32	46 10	16 18,3	2,0176	63 48,8	„
Spalato	33 59	43 31	13 20,6	2,1839	60 48,0	„
Speyer	26 5	49 18	17 35,6	1,8815	66 20,8	„
St. Bernhard	— —	— —	— —	2,0072	— —	„
St. Christoph (Arlb.)	27 52	47 8	— —	1,9835	64 14,9	„
St. Georgen (Attergau)	31 11	47 55	15 10,5	1,9690	64 28,5	„
St. Gervais	— —	— —	— —	1,9099	— —	„
St. Gotthard (Hosp.)	26 11	46 32	— —	1,9775	— —	„
St. Johann	30 0	47 32	15 20,2	1,9849	64 23,6	„
St. Julian	— —	— —	— —	1,8649	66 41,1	„
St. Lambrecht	31 58	47 4	— —	2,0184	63 47,9	„
St. Maria	28 5	46 31	16 19,9	2,0131	63 56,1	„
St. Miklos	37 20	49 4	11 51,2	1,9821	64 34,1	„
St. Paul	32 34	46 43	14 0,8	2,0391	63 20,8	„
Stallwang	30 20	49 3	15 30,3	1,9203	65 28,5	„

Digitized by Google

Ort	Länge von Ferro	Breite	Declination	Horizontal-Intensität	Inclination	Jahr
Steinamanger	33° 56′	47° 12′	— —	2,0455	62° 50′,1	1850
Steinberg	32 20	48 35	— —	1,9586	64 40,8	„
Stettin	32 14	53 25	13° 31′,6	1,7798	67 51,7	1858
Stilfserjoch	28 6	46 32	— —	2,0117	63 56,7	1850
Stockach	26 39	47 51	17 12,7	1,9432	65 14,9	„
Strassburg	25 25	48 35	— —	1,9054	71 16,2	„
Straubing	30 14	48 52	16 30,8	1,9288	65 22,7	„
Stry	41 33	49 15	9 29,8	2,0175	64 11,7	„
Stuttgart	26 50	48 47	— —	1,9014	— —	„
Suczawa	43 59	47 38	8 45,5	2,0985	62 43,6	„
Sulzbach	29 24	49 30	— —	1,8989	66 1,1	„
Szatmar	40 36	47 47	9 40,2	2,0607	63 17,1	„
Szegedin	37 48	46 15	11 21,0	2,1057	62 24,1	„
Szöny (Komorn)	35 48	47 45	12 28,7	2,0289	63 40,0	„
Tarnow	38 41	50 1	11 13,9	1,9523	65 23,2	„
Temeswar	38 52	45 5	10 50,7	2,1349	61 40,0	„
Teplitz	31 27	50 39	14 56,8	1,8591	66 15,3	„
Teschen	36 17	49 45	12 31,7	1,9481	64 55,7	„
Thun	25 16	46 46	— —	1,9789	— —	„
Tiarms	— —	— —	— —	1,9890	— —	„
Tolna	36 30	46 25	12 34,3	2,0883	62 35,8	„
Torre di tre ponti	— —	— —	— —	2,2718	— —	„
Toulon	23 36	43 7	— —	2,1129	62 10,5	„
Tölz	29 13	47 46	15 45,8	1,9656	64 38,2	„
Traunstein	30 18	47 52	15 16,9	1,9684	64 42,5	„
Trentschin	35 43	48 52	— —	1,9759	64 38,3	„
Trient	28 46	46 3	15 50,9	2,0426	63 17,0	„
Triest	31 26	45 39	14 24,4	2,0829	62 39,6	„
Troppau	35 33	49 56	12 41,6	1,9338	65 20,7	„
Turin	25 22	45 4	17 3,9	2,0443	63 26,1	„
Tübingen	26 43	48 31	17 15,6	1,9166	— —	„
Udine	30 55	46 4	— —	2,0560	63 5,0	„
Uffenheim	27 53	49 33	16 45,2	1,8856	66 9,2	„
Ulm	27 40	48 25	16 41,1	1,9331	65 23,2	„
Unghvar	40 2	48 37	10 22,7	2,0328	63 46,5	„
Unterseen	— —	— —	— —	1,9765	— —	„
Utrecht	22 47	52 5	18 48,6	1,7661	68 11,6	1858
Valorsine	— —	— —	— —	1,9840	— —	1850
Vandagnes	— —	— —	— —	2,0017	— —	„
Venedig	29 59	45 26	14 4,0	2,0740	62 50,3	„
Verona	28 38	45 26	15 37,5	2,0647	63 4,5	„
Vicenza	29 12	45 32	15 39,1	2,0649	63 1,6	„
Vico	32 5	40 38	— —	2,4113	— —	„
Vigo	28 55	42 15	— —	2,0220	— —	„
Viechtach	30 33	49 5	— —	2,9210	65 25,5	„
Villa nova	35 15	40 27	— —	2,0609	— —	„
Vöcklabruck	31 16	48 1	14 59,5	1,9722	64 37,0	„
Waltershausen	— —	— —	— —	1,8925	— —	„
Warasdin	33 58	46 8	— —	2,0816	62 51,0	„
Wasserburg	29 54	48 3	15 37,2	1,9580	64 48,7	„
Weiler	27 37	47 35	16 36,9	1,9658	64 54,2	„
Weilheim	28 49	47 50	16 7,5	1,9626	64 50,2	„
Weimar	29 0	50 59	— —	1,8278	— —	„
Weisskirchen	39 5	44 54	11 7,6	2,1761	60 55,1	„
Wendelstein	29 41	47 42	— —	1,9738	64 33,5	„

Digitized by Google

Ort	Länge von Ferro	Breite	Declination	Horizontal-Intensität	Inclination	Jahr
Wien	34° 3′	48° 13′	13° 31′,3	1,9940	64° 26′,1	1850
Wildruss	— —	— —	— —	1,8775	— —	„
Wiliczka	37 44	49 59	11 47,3	1,9521	65 12,8	„
Wiliczka, Bergwerk	— —	— —	— —	1,9443	65 15,6	„
Wittenberge	29 26	53 0	15 14,2	1,7797	68 0,9	1858
Wolfratshausen	29 5	47 55	15 56,4	1,9592	64 52,1	1850
Woolwich	— —	— —	— —	1,7341	— —	„
Würzburg	27 35	49 47	16 55,5	1,8718	66 22,7	„
Zara	32 51	44 7	13 34,0	2,1540	61 52,7	„
Znaym	33 43	48 51	13 34,4	1,0627	64 47,7	„
Zürich	26 13	47 23	— —	1,9695	— —	„

Südwestliches Europa. Frankreich, Spanien, Portugal.

Nach Lamont.

Ort	Länge von Paris	Breite	Declination	Horizontal-Intensität	Inclination	Jahr
Agen	0h 6m 53s w	44° 13′	19° 15′,1	2,0491	63° 21′,6	1858
Albacete	0 17 2 w	39 1	19 11,0	2,2515	— —	„
Almeria	0 19 28 w	36 52	19 3,6	2,3460	57 26,9	„
Amiens	0 0 4 w	49 53	19 56,3	1,8277	— —	„
Angers	0 11 37 w	47 28	20 16,3	1,9112	65 55,9	„
Angoulême	0 8 45 w	45 39	19 50,2	1,9899	64 39,1	„
Arenys de Mar	0 0 49 o	41 35	17 52,4	2,1817	60 48,0	„
Arras	0 1 46 o	50 17	— —	1,8201	67 23,2	„
Barcelona	0 0 43 w	41 23	18 5,0	2,1891	60 42,2	„
Bayonne	0 15 19 w	43 29	19 57,8	2,0691	63 6,8	„
Belfort	0 18 1 o	47 38	17 11,7	1,9545	— —	„
Bilbao	0 21 7 w	43 16	20 28,8	2,0616	63 22,1	„
Bordeaux	0 11 31 w	44 50	20 0,2	2,0163	64 5,8	„
Calatajud	0 15 58 w	41 24	19 35,2	2,1492	61 24,9	„
Carcassonne	0 0 3 o	43 13	18 16,8	2,1147	62 12,4	„
Cartagena	0 13 23 w	37 36	18 36,5	2,3246	57 51,6	„
Cette	0 5 24 o	43 25	17 7,9	2,1173	— —	„
Briaude	0 4 12 o	45 18	18 21,9	2,0321	63 44,3	„
Chateauroux	0 2 31 w	46 48	19 22,0	1,9527	65 6,9	„
Clermond Ferrand	0 3 0 o	45 46	18 34,1	2,0068	64 12,1	„
Commercy	0 12 49	48 46	— —	1,9044	— —	„
Dijon	0 10 46 o	47 20	17 55,9	1,9543	64 55,0	„
Dünkirchen	0 0 5 o	51 2	20 6,6	1,7871	67 56,3	„
Épernay	0 6 27 o	49 3	— —	1,8790	66 35,6	„
Etampes	0 0 41 w	48 26	— —	1,8886	66 16,0	„
Gerona	0 1 54 w	41 59	17 54,3	2,1672	— —	„
Grenada	0 23 35 w	37 10	19 33,5	2,3191	57 59,8	„
Guadalajara	0 21 38 w	40 37	— —	2,1674	61 10,2	„
Jativa	0 11 52 w	38 55	18 47,0	2,2664	— —	„
La Corunna	0 42 52 w	43 22	22 42,4	2,0217	64 9,1	„
Lamotte	— —	— —	— —	2,0235	63 57,1	„
La Roche-Chalais	0 9 25 w	45 10	19 46,3	2,0064	— —	„
La Teste de Buch	0 13 57 w	44 38	20 3,9	2,0222	63 59,8	„

Digitized by Google

Ort	Länge von Paris	Breite	Declination	Horizontal-Intensität	Inclination	Jahr
Le Mans	0h 8m 39,5w	48° 0′	20° 25′,7	1,8903	66° 13′,0	1858
Le Puy	— —	— —	— —	2,0473	— —	„
Limoges	0 4 21w	45 50	19 23,8	1,9870	— —	„
Lissabon	0 45 55w	38 42	21 40,2	2,2102	60 39,2	„
Logronno	— —	— —	— —	2,1076	62 33,6	„
Madrid	0 24 9w	40 25	20 7,9	2,1718	61 5,9	„
Malaga	0 27 5w	36 42	19 43,3	2,3350	57 49,4	„
Marseille	0 12 15o	43 18	17 4,1	2,1363	61 40,5	„
Martorell	0 1 43w	41 31	18 12,1	2,1809	60 51,6	„
Meaux	0 2 11o	48 57	19 16,4	1,8765	66 24,2	„
Mont de Marsan	0 11 19w	43 53	19 40,3	2,0557	63 19,0	„
Montélimart	0 9 36o	44 33	17 35,5	2,0750	62 53,3	„
Montpellier	0 6 10o	43 36	— —	2,1112	62 15,3	„
Moulins sur Allier	0 3 56o	36 34	18 39,2	1,9758	64 43,4	„
Nancy	0 15 19o	48 41	17 45,6	1,8985	— —	„
Nantes	0 15 35w	47 12	20 57,8	1,9096	65 55,9	„
Narbonne	0 2 38o	43 11	18 1,1	2,1184	62 6,4	„
Orange	0 9 52o	44 9	17 27,7	2,0931	62 36,9	„
Orleans	0 1 42w	47 54	19 25,4	1,9079	65 52,6	„
Pamplona	0 16 10w	42 50	19 56,3	2,0957	62 40,1	„
Paris	0 0 3w	48 50	19 36,3	1,8759	66 26,5	„
Perigueux	0 6 29w	45 11	19 26,5	2,0149	— —	„
Perpignan	0 2 14o	42 42	17 59,2	2,1357	61 47,8	„
Poitiers	0 7 58w	46 35	19 56,4	1,9523	65 8,3	„
San Fernando (Cadix)	0 34 11w	36 28	20 12,5	2,3300	58 3,7	„
San Sebastian	0 17 18w	43 19	20 13,0	2,0685	63 3,4	„
Santander	0 24 33w	43 28	20 52,0	2,0523	63 34,3	„
Santjago	0 43 16w	42 52	22 35,3	2,0341	63 57,7	„
Saragossa	0 12 55w	41 39	19 17,2	2,1459	61 36,4	„
Sarrebourg	0 18 53o	48 44	17 14,6	1,8989	— —	„
Sevilla	0 33 28w	37 23	20 16,7	2,2849	58 53,3	„
Tarragona	0 4 23w	41 7	18 21,3	2,1911	60 37,7	„
Tembleque	0 23 39w	39 42	19 52,9	2,2045	60 20,9	„
Toulouse	0 3 35w	43 36	18 45,0	2,0861	62 46,1	„
Tournon	0 10 2o	45 4	17 40,9	2,0543	63 18,2	„
Tours	0 6 36w	47 23	19 54,4	1,9192	65 44,3	„
Valencia	0 10 58w	39 29	18 39,2	2,2456	59 28,0	„
Vesoul	0 15 14o	43 37	17 28,8	1,9496	— —	„
Vierzon	— —	— —	— —	1,9379	— —	„
Vigo	0 44 17w	42 14	22 33,9	2,0573	63 35,0	„
Vitoria	0 20 5w	42 50	20 15,1	2,0920	62 49,1	„

(Fortsetzung in einem der nächsten Hefte.)

Digitized by Google

Kleinere Mittheilungen.

Cyon, die Brechungsquotienten des Glaskörpers und des Humor aqueus.

(Wiener Anzeiger 1869, Nr. II.)

Die Messungen wurden im physikalischen Institute ausgeführt. Die Methode war die directe, nämlich die goniometrische Bestimmung der Ablenkung durch ein Prisma. Bestimmungen für alle Fraunhofer'schen Hauptlinien wurden nur für Ochsen- und Kaninchen-Augen gemacht. Beispielsweise wurden für den Glaskörper der Ochsenaugen gefunden

B	C	D	E	F	G	H
1.33291	1.33345	1.33586	1.33780	1.33972	1.34335	1.34585

Die Unterschiede sind für verschiedene Individuen sehr gering, hingegen bedeutend für verschiedene Arten. Für Kaninchen-Augen fanden sich die Brechungsquotienten viel kleiner, für Menschen-Augen viel grösser.

Die Brechungsverhältnisse des Humor aqueus unterscheiden sich nicht merklich von denen des Glaskörpers.

Versuche über einige Capillarerscheinungen.

Von **A. v. Obermayer.**

(Wiener Acad. Anzeiger Nr. IV.)

Die Giltigkeit des Satzes der Capillaritätstheorie, dass eine Flüssigkeit zwischen parallelen Platten halb so hoch steigt, als in Röhrchen, deren Durchmesser gleich ist der Plattendistanz, wurde namentlich für Wasser von mehreren Physikern bestritten. Die von dem Herrn Verfasser im k. k. physikalischen Institute ausgeführten Versuche haben den Zweck, die Bedingungen festzustellen, unter welchen mit der

Digitized by Google

Theorie übereinstimmende Resultate erhalten werden. Es ergibt sich, dass die Platten nicht nur sorgfältig gereinigt (mit geschlemmtem Trippel und Baumwolle), sondern nach der Reinigung noch längere Zeit (2—4 Tage) im Wasser liegen gelassen werden müssen, wenn die durch die Theorie geforderte Steighöhe erzielt werden soll. Die Platten müssen die Fähigkeit haben, aus dem Wasser herausgehoben, an der Oberfläche eine feine Wasserschicht festzuhalten. Verschwindet diese, so wird die Steighöhe geringer. Sind die Platten schon zu Beginn des Versuches nicht in diesem Zustande, so ist von Anfang an die Steighöhe kleiner.

Ueber die Grundformeln der Electrodynamik.

Von Prof. Stefan.

(Wiener Acad. Anzeiger Nr. V.)

Der Theorie der electrodynamischen Erscheinungen, welche wir Ampère verdanken, liegen vier Annahmen zu Grunde:

1. Die Wirkungen zweier Ströme auf einander setzen sich zusammen aus den Wirkungen ihrer Elemente.

2. Die Wirkung zwischen zwei Stromelementen ist dem Producte ihrer Längen und der Intensitäten der sie durchfliessenden Ströme proportional.

3. Die Wirkung eines Elementes auf ein anderes kann ersetzt werden durch die Wirkungen der Projectionen oder Componenten des Ersten auf die des Zweiten.

4. Die Wirkung zwischen zwei Elementen ist eine wechselseitige und nach der Verbindungslinie derselben gerichtet.

Aus diesen vier Annahmen folgt nothwendig, dass nur die einander parallelen Componenten auf einander wirken können, die allein Ampère in seiner Theorie berücksichtigt hat. Für diese Componenten folgt übrigens die vierte Annahme aus den drei ersten schon von selbst. Aus denselben folgt auch, dass zwei auf einander und auf ihrer Verbindungslinie senkrechte Componenten nicht auf einander wirken können. Die vierte Annahme führt zur Wirkung Null auch noch für zwei Componenten, von denen eine in die Verbindungslinie fällt, die andere darauf senkrecht steht.

Macht man aber die vierte Annahme nicht, so folgt aus den frü-

Digitized by Google

heren für ein solches Paar von Componenten eine Wirkung ebenfalls möglich, aber in einer zur Verbindungslinie senkrechten Richtung mit den Stromcomponenten in derselben Ebene gelegen.

Es kommen also zu den von Ampère betrachteten Elementarkräften noch zwei hinzu, die Wirkung eines in die Verbindungslinie fallenden Elementes auf ein zur Verbindungslinie senkrechtes und die Wirkung des Letzteren auf Ersteres, welche verschiedene Gesetze befolgen können, da das Princip der gleichen Action und Reaction für Stromelemente nicht nothwendig gilt.

Aus den dynamometrischen Versuchen Webers folgt bestimmt, dass die Kräfte zwischen Stromelementen von der Distanz derselben nach dem Gesetze des verkehrten Quadrates abhängen. Die vier Wirkungsgesetze derselben unterscheiden sich also von einander nur durch die vier Constanten, welche die Intensitäten in der Einheit der Distanz angeben.

Zur Bestimmung dieser wird folgender durch die Erfahrung als bewiesen zu betrachtender Satz benützt: Es gibt für die Wirkungen zweier geschlossener Ströme ein Potential, durch welches die progressiven und die drehenden Bewegungen bestimmt sind.

Werden nun aus den Elementarkräften die Resultanten für die progressive Bewegung gerechnet, so ergibt sich, dass jede der Elementarkräfte für sich und folglich auch jede beliebige Combination derselben zu dem Potentiale von der gewünschten Form führt. Die Untersuchung der progressiven Bewegung führt zu einer Bestimmung der Constanten nicht.

Rechnet man aus den Elementarkräften die Drehungsmomente, so ergibt sich, dass keine einzelne Elementarkraft zu einem Potential führt, sondern dass deren mindestens zwei genommen werden müssen. Soll ferner das aus den Momenten abgeleitete Potential mit dem früher erhaltenen übereinstimmen, so muss zwischen den vier oben erwähnten Constanten eine Bedingungsgleichung erfüllt sein. Sind diese Constanten a, b, c, d, und zwar a für die Wirkung zwischen zwei in die Verbindungslinie fallenden, b für die zwischen zwei zur selben senkrechten und einander parallelen Elemente, c für die Wirkung eines in die Verbindungslinie fallenden auf ein darauf senkrechtes und d für die Wirkung des Letzteren auf Ersteres, so lautet diese Bedingungsgleichung

$$2a + b + c - 2d = o.$$

Digitized by Google

Eine der Constanten kann durch die Definition der Einheit der Stromstärke bestimmt werden. Es bleiben also in der allgemeinen Formel zwei Constante ganz beliebig, welche durch die auf die Wirkungen geschlossener Ströme sich beziehende Erfahrung nicht bestimmt werden können.

Die Wechselwirkung zwischen zwei Stromelementen wird durch eine vollständig bestimmte Formel nur dann ausgedrückt, wenn man sie nur aus zwei Elementarkräften zusammensetzt. Die Untersuchung lehrt weiter, dass eine Combination unbrauchbar ist, weil sie das Potential zu Null macht.

Es bleiben aber noch sieben ganz bestimmte Formeln für die Wechselwirkung zwischen zwei Stromelementen, von denen drei dem Princip der gleichen Action und Reaction genügen, vier nicht. Unter den ersteren befindet sich die Ampère'sche, welche man erhält, wenn man $2a + b = o$ und $c = o$, $d = o$ setzt, unter den letzteren ebenfalls eine schon bekannte, die Grassmann'sche, für welche $a = o$, $b + c = o$ und $d = o$ ist.

Zum Schluss wird noch gezeigt, dass alle Formeln auch für die Wirkung eines geschlossenen Stromes auf ein Stromelement denselben Ausdruck liefern.

Ueber eine neue Methode zur Bestimmung der Wärmecapacität von Flüssigkeiten.

Von Dr. L. Pfaundler.

(Wiener Acad. Anzeiger Nr. V.)

Nach einem kurzen Hinweis auf die Fehlerquellen, denen die bisher auf dem Princip der Eintauchung erhitzter Körper beruhenden Methoden ausgesetzt sind, bezeichnet der Verfasser als die wesentliche Eigenthümlichkeit seiner vorgeschlagenen Methode, dass bei derselben der zu untersuchenden Flüssigkeit nicht ein ausserhalb derselben erzeugtes Wärmequantum durch Ueberführung an einem erhitzten Körper mitgetheilt wird, sondern dass diese Wärme innerhalb der Flüssigkeit selbst erst erzeugt wird, wodurch es ermöglicht ist, dieselbe ohne Verlust auf die letztere zu übertragen.

Zwei Drahtspiralen von gleichem electrischen Leitungswiderstande, welche von ein und demselben Strome durchflossen werden und daher in gleichen Zeiten gleiche Wärmemengen entwickeln, tau-

Digitized by Google

chen in die beiden Flüssigkeiten, deren Wärmecapacitäten verglichen werden sollen. Bei gleichen Gewichtsmengen der letzteren sind ihre Capacitäten den Temperaturerhöhungen verkehrt proportional.

Neuer Apparat zur Messung der thermischen Ausdehnung fester Körper.

Von Dr. J. Müller.

(Poggendorff's Annalen 1868 Nr. 12.)

(Hiezu Tafel III Figg. 3—5.)

Mit dem besten Erfolge habe ich die Poggendorff'sche Spiegelvorrichtung zur Messung der Längenausdehnung fester Körper benutzt. Der Apparat, den ich zu diesem Zwecke construirte, ist in Fig. 3, Taf. III dargestellt. In einem starken Brett von Tannenholz sind zwei Pfeiler von Eichenholz befestigt, welche einen quadratischen Querschnitt von 6 Centimeter Seite haben und welche 88 Centimeter (im Lichten) von einander abstehen. Auf dem einen dieser Pfeiler ist die starke eiserne Platte p aufgeschraubt, welche mit einem rechtwinklig herabgebogenen Ansatz q versehen ist. Auf dem andern Pfeiler ist eine eiserne Platte n aufgeschraubt, an deren hervorragendem Theil die Zapfenlager für eine horizontale Axe angebracht sind, welche einerseits den Spiegel s, andererseits den Hebelarm l trägt, und von welcher, wie man in Fig. 4 deutlicher sieht, der fest mit der Umdrehungsaxe verbundene eiserne Hebel r herabhängt. Sowohl q als r sind unten mit einer, ein Kugelstück bildenden Hervorragung versehen; zwischen diesen beiden Warzen liegt der zu untersuchende Stab und zwar ist durch das Gewicht des eisernen Hebels l dafür gesorgt, dass der Stab an beiden Enden genau in Berührung mit den Warzen ist.

Die eisernen Platten q und r ragen von oben her in einen Trog von Weissblech hinab, auf dessen Rand die gabelförmigen Drahtstücke uu und vv aufliegen, welche den zu untersuchenden Stab tragen.

Dem Spiegel s gegenüber ist eine in Millimeter getheilte Scale (eine solche, wie sie zu Magnetometer-Ablesungen gebraucht wird) in verticaler Stellung angebracht und das Spiegelbild dieser Scale wird mittelst eines Fernrohrs in der bekannten Weise beobachtet. Bezeichnen wir mit

α die Länge des zu untersuchenden Stabes bei 0°,

Digitized by Google

l den Abstand der Scale vom Spiegel,

λ den Abstand des Mittelpunktes der Warze auf dem Hebel r von der Drehungsaxe desselben,

n die Differenz der in Millimeter ausgedrückten Scalenablesungen bei 0° und bei 100°,

so ist der Ausdehnungscoëfficient (auf eine Temperaturerhöhung von 100° bezogen)

$$\varrho = \frac{n\lambda}{2.l.\alpha} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Bei unserem Apparat war

$\lambda = 45$ Millimeter

$\alpha = 827$ „

und die Aufstellung war so gemacht, dass

$l = 1533$ Millimeter.

Der Versuch wurde nun in folgender Weise angestellt: In den Trog wurde, nachdem der zu untersuchende Stab in gehöriger Weise in den Apparat eingelegt war, möglichst heisses Wasser vorsichtig eingegossen, und nach einiger Zeit, wenn man annehmen konnte, dass der Stab die Temperatur des Wassers angenommen habe, die Scale durch das Fernrohr beobachtet. Es wurde alsdann der Stand eines in die Mitte des Troges eingetauchten Thermometers für die Momente notirt, in welchen das Fadenkreuz zunächst gerade auf einem Haupttheilstrich der Scale einstand. Als ein Stab von gewalztem Eisen in den Apparat eingelegt war, ergab die erste sichere Ablesung einen Thermometerstand von 75,1°, als das Fadenkreuz bei 16,5 der Scale stand. Nach einer allmähligen Erkaltung bis auf 10,4° stand das Fadenkreuz beim Theilstrich 21 der Scale.

Für eine Temperaturerniedrigung von 75,1 — 10,4 = 64,7 Grad durchlief also das Fadenkreuz auf der Scala einen Weg von 210 — 165 = 45 Millimeter. Einer Temperaturdifferenz von 100° entspricht also in unserem Fall (gleichförmige Ausdehnung des Metallstabs vorausgesetzt) eine Scalenlänge von 69,9 Millimeter oder mit anderen Worten für unseren Fall ist $n = 69{,}9$. Setzen wir nun in Gleichung (1) für n, λ, α und l die besprochenen Zahlenwerthe, so ergibt sich als Ausdehnungscoëfficient des Stabeisens der Werth

$$\varrho = 0{,}001246,$$

ein Werth, der mit den von Lavoisier und Laplace (0,001235) und von Smeaton (0,001258) gefundenen sehr nahe übereinstimmt.

Digitized by Google

Um möglichst genaue Resultate zu erzielen, müssten aber bei der besprochenen Beobachtungsmethode doch noch einige Vorsichtsmaassregeln befolgt werden. Nach dem Eingiessen des heissen Wassers in den Trog sinkt nämlich anfangs die Temperatur so rasch, dass die Ablesungen bei höheren Temperaturen kaum brauchbar sind. Man müsste desshalb durch untergestellte Gas- oder Weingeistlampen die Temperatur des Wassers eine Zeit lang in der Nähe des Siedepunktes constant erhalten und dann die Erniedrigung der Temperatur bis auf ungefähr 55° durch allmählige Verkleinerung der Flammen erzielen. Ist endlich die Temperatur des Wassers nahezu bis auf die Temperatur der umgebenden Luft gesunken, so kann man eine weitere Erkältung durch vorsichtig eingeworfenes, fein gestossenes Eis bewirken.

Es versteht sich von selbst, dass das Wasser durch eine Holzschaufel, welche jedoch den Stab nicht berühren darf, in Bewegung erhalten wird, damit die Temperatur desselben in allen Theilen des Troges möglichst nahe dieselbe sei.

Statt eines Thermometers in der Mitte des Troges ist es zweckmässiger, noch zwei weitere Thermometer an den beiden Enden des Troges anzubringen; ich habe jedoch gefunden, dass die Angaben der drei Thermometer meistens wenig von einander differiren.

Wollte man Bestimmungen für Temperaturen bis zu 200 und 300 Graden machen, so müsste man Oel an die Stelle des Wassers setzen und die Lampen entsprechend vergrössern.

Auch zu Vorlesungsversuchen habe ich diesen Apparat benutzt (er ist vorzugsweise zu diesem Zweck construirt worden), indem ich an die Stelle der subjectiven Beobachtung durch das Fernrohr die objective Projection der vom Spiegel reflectirten Lichtstrahlen setzte. Zu diesem Zweck war es vortheilhafter, den Spiegel s aus der in Fig. 3 und 4 dargestellten Lage um 180° zu drehen, so dass die spiegelnde Fläche in die Stellung kommt, welche seine Rückwand in jenen Figuren einnimmt. Als Lichtquelle diente eine Argand'sche Lampe, vor welcher ein Schirm mit einem 2 Centimeter langen, 3 bis 4 Millimeter breiten Spalt angebracht war. Die Lampe stand ungefähr 9 Decimeter von dem Spiegel entfernt und zwar etwas tiefer als derselbe, wie die schematische Fig. 5 andeutet, in welcher s den Spiegel, q die Lichtquelle bezeichnet. Das von der Lampe durch den Spalt dringende und vom Spiegel reflectirte Licht wurde durch eine Linse l von 9 Decimeter Brennweite aufgefangen, welche 6,5 Decimeter

Digitized by Google

vom Spiegel entfernt aufgestellt war und welche auf einer 2,2 Meter von ihr entfernten vertical gestellten, kräftig gezeichneten, in halbe Centimeter getheilten Scale das Bild des Spaltes entwarf. Als der Stab kalt im Apparat lag, fiel das Bild auf einen bestimmten Theilstrich, und stieg dann rasch bis zu einem bestimmten Maximum, als heisses Wasser in den Trog eingeschüttet wurde.

Der Abwart unseres physikalischen Cabinets, Hr. Edmund Zachmann, welcher den eben besprochenen Apparat angefertigt hat, liefert denselben in mehrfach verbesserter Form, nebst einem Stab von Eisen, einen solchen von Blei und einen von Zink, zum Preise von $24^1/_2$ Fl. oder 14 Thalern.

Berichtigungen zu dem Aufsatze des Herrn Wand im V. Hefte des vorigen Bandes.

In dem Aufsatze im V. Hefte des vorhergehenden Bandes über die mechanische Wärmetheorie finden sich folgende sinnstörende Druckfehler vor, welche der geneigte Leser verbessern wolle.

Seite	296	Zeile	4	von	unten	lies: „bis die Temperatur auf t_2“.
„	297	„	13	„	oben	„ „in die Wärme“ statt in der Wärme.
„	298	„	4	„	unten	„ „Vernichtung“ statt Verrichtung.
„	298	„	3	„	„	„ „Causalzusammenhang“ statt Ansatzzusammenhang.
„	299	„	7	„	oben	„ „in die Wärme“ statt in der Wärme.
„	301	„	14	„	„	„ „nun“ statt nur.
„	304	„	2	„	„	„ „Erhöhung der Temperatur um eine Einheit“ statt Zufuhr einer Wärmeeinheit.
„	307	„	16	„	„	„ „v_1, p_1“ statt pp_1.
„	314	„	3	„	„	„ „verwandelten“ statt verwendeten.
„	318	„	15	„	„	„ „nicht“ statt wohl.

Ausserdem haben sich auch in die mathematischen Entwicklungen einzelne unbedeutende Fehler eingeschlichen, wie z. B. Verwechslungen der Zeichen, und $_1$, die der aufmerksame Leser leicht verbessern wird.

Dr. Pincus' Chlorsilber-Kette.

Unter diesem Titel ist uns durch Herrn Moevig, Mechaniker in Königsberg, eine Brochüre zugekommen, welche die in Poggendorff's Annalen. und im Repertorium (Bd. IV Heft 4) erschienenen Artikel

Digitized by Google

als Separatabzug enthält. In Bezug auf die Notiz im Repertorium müssen wir bemerken, dass in genannter Brochüre ein Irrthum sich vorfindet, welcher wahrscheinlich durch eine briefliche Mittheilung des Herausgebers an Herrn Dr. Pincus veranlasst worden ist. Die Ablenkung vom Nullpunkte bei meinen Beobachtungen am Spiegelgalvanometer betrug nämlich nicht 22°, sondern 22 Scalentheile.

Hr. Moevig hat seiner Brochüre eine Figurentafel beigegeben, aus welcher wir Figg. 1—4 auf Tafel IV übertragen liessen, um unseren Lesern ein Bild von der Nettigkeit der Pincus'schen Batterie zu geben. Der Herausgeber hat jedoch bei den in seiner Werkstätte ausgeführten Apparaten die Construction noch etwas vereinfacht, so dass nach dem Gebrauche die sämmtlichen Zinkkölbchen mit einer einzigen Manipulation ausser Thätigkeit gesetzt werden, d. h. aus der Flüssigkeit herausgehoben werden können. Dabei nehmen 30 Elemente einen Raum von 48 Cm. Länge, 9 Cm. Breite und 20 Cm. Höhe bei aufgezogenen (d. h. ausser Thätigkeit gesetzten) Zinkkölbchen ein.

Schröder's Apparat zum Photographiren mikroskopischer Bilder.

Herr Hugo Schröder, Optiker in Hamburg (Hamm an der Landstrasse Nr. 144b), theilt dem Herausgeber mit, dass es ihm gelungen ist, einen vorzüglichen photographischen Apparat herzustellen, um mikroskopische Bilder bei grosser Ausdehnung und mit Linsen von grossem Oeffnungswinkel, ohne jede Blende, in vollkommener Planheit und äusserster Schärfe bis an den Rand herzustellen. Eine diesem Schreiben beigefügte Photographie des Querschnittes eines Baumzweiges überzeugte den Herausgeber, dass der Apparat des Herrn Schröder wirklich eine ganz vorzügliche Leistungsfähigkeit besitzt; das Bild hat einen Durchmesser von 18,5 Cm. und ist in der That bis an den äussersten Rand vollkommen scharf.

Bibliographische Notiz.

Pisko. Die Physik für Obergymnasien. 2. Aufl. — Pisko. Physik für Unter-Realschulen. 7. Aufl. Brünn 1869.

Der Herausgeber liebt es nicht, Recensionen im Allgemeinen dem Repertorium beizufügen; allein es sind ihm bereits mehrfache Anfragen über geeignete Lehrbücher für technische Lehranstalten zugegangen, so dass er sich veranlasst sieht, auf die beiden obigen Schriften des durch die Bearbeitung der Hessler'schen Physik rühmlichst bekannten Herrn Verfassers einfach aufmerksam zu machen.

Digitized by Google

Beschreibung der selbstregistrirenden von der meteorologischen Commission der Royal Society an verschiedenen Orten von Grossbritannien und Irland aufgestellten Instrumente.

(Aus dem Berichte der meteorologischen Commission der R. Society für 1867.)

(Hiezu Tafel VII bis X.)

Vorwort.

Es ist nicht unsere Absicht, hier einen Bericht über die Entdeckung und Vervollkommnung der selbstregistrirenden Apparate zu geben, auch würde es keine leichte Aufgabe sein, in einem Falle, wie der gegenwärtige, wo jeder Erfinder die Arbeiten seiner Vorgänger theilweise sich angeeignet und theilweise verbessert haben mag, einen Alle befriedigenden geschichtlichen Abriss zu geben.

Die Construction der gegenwärtigen Instrumente war von der meteorologischen Commission Herrn Balfour Stewart, Director des meteorologischen Central-Observatoriums zu Kew übergeben worden. Mit Gestattung der für das Observatorium zu Kew eingesetzten Commission der British Association, gewann Hr. Stewart die Mitwirkung Hrn. Beckley's, Mechanikers am Observatorium zu Kew, der ihn wesentlich unterstützte und mit dem er gemeinschaftlich die Einrichtung der Instrumente entwarf. Bei diesen Apparaten wurden verschiedene ursprünglich von Hrn. Francis Ronalds (ehem. Director des Observatoriums zu Kew), Charles Brooke und John Welsh (letztem Director daselbst) herrührende Erfindungen zu gleicher Zeit mit Ideen, welche den Herren Stewart und Beckley angehören, benützt.

Digitized by Google

Der angenommene Anemograph ist der von Dr. Robinson zu Armagh erdachte mit gewissen mechanischen Abänderungen von Seite Hrn. Beckley's.

Die bis jetzt durch die meteorologische Commission in Thätigkeit gesetzten selbstregistrirenden Instrumente sind drei an der Zahl, nämlich:

1) der Thermograph, welcher die Lufttemperatur und die Verdunstungskälte stetig registrirt,
2) der Barograph, welcher den Luftdruck stetig aufzeichnet,
3) der Anemograph, welcher die Richtung des Windes und den Weg, welchen derselbe von einem Zeitpuncte zum nächsten zurücklegt, stetig registrirt.

Grundsätze bei der Construction dieser Instrumente.

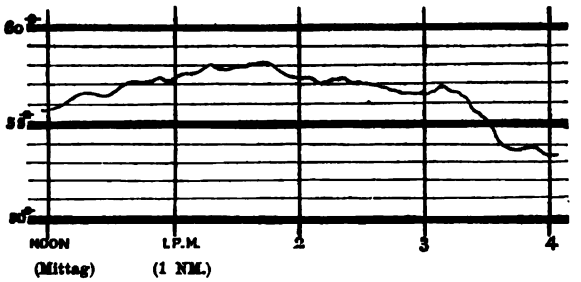
Um stetige Aufzeichnungen irgend eines meteorologischen Elementes — beispielsweise der Lufttemperatur — zu erhalten, sind offenbar zwei Bedingungen zu erfüllen:

1) Muss man Mittel besitzen, auf einem Blatt Papier ein Zeichen zu machen, welches durch seine senkrechte Entfernung von einer fixen Horizontallinie auf dem Papiere die Höhe der Quecksilbersäule in der Röhre des Thermometers zu der Zeit, wo das Zeichen gemacht wurde, mit einem Worte also die Lufttemperatur zu dieser Zeit angibt.
2) Man muss eine Zeitscala besitzen, so dass, wenn man die Lage irgend eines Zeichens gegen Linien, die auf dem Papiere einander von links nach rechts folgen, kennt, man auch den genauen Zeitpunct wisse, zu welchem die Luft die dem Zeichen entsprechende Temperatur hatte.

Wenn wir nun — mittelst der Photographie oder durch ein anderes Verfahren — auf dem Papiere solche Zeichen notiren lassen können, welche durch ihre verticale Lage die Höhe der Quecksilbersäule unseres Thermometers und durch ihre Lage in horizontalem Sinne die Zeit angeben, zu welcher diese Höhe erreicht wurde, so besitzen wir ein Mittel zur Kenntniss der Lufttemperatur zu irgend einem Zeitpuncte zu gelangen.

Digitized by Google

Durch einen Blick auf Figur 1 wird dies klar werden.



Figur 1.

Aus dieser Figur ersehen wir, dass die Temperatur am Mittage 55.8° (Fahrenheit), und um 2 Uhr Nachmittag 57.4° war. Die Möglichkeit, eine automatische Registrirung irgend eines meteorologischen Elementes hervorzubringen, wird daher auf jene zurückgeführt, auf einem Papiere stetig eine Marke zu verzeichnen, welche durch ihre verticale Lage den Werth dieses Elementes und durch ihre horizontale Lage die diesem Werthe entsprechende Zeit anzeigt.

Diese Marke kann entweder mittelst der Photographie oder durch mechanische Mittel hervorgebracht werden. Soll die Marke die Stellung des höchsten Punctes der Quecksilbersäule eines Thermometers oder Barometers anzeigen, so ist es nothwendig, sich der Photographie zu bedienen, soll sie aber die Richtung des Windes oder den Weg angeben, welchen der Wind zurücklegt, so wird eine mechanische Methode der Aufzeichnung benützt, indem eine hinreichende mechanische Kraft von der Bewegung des Windes entnommen werden kann.

Gehen wir nun weiter und betrachten die Grundsätze der Construction der einzelnen Apparate getrennt von einander, indem wir zunächst mit dem Thermographen beginnen.

Grundsätze bei Construction des Thermographen.

Das Instrument ist dazu bestimmt, die Lufttemperatur und die Verdunstungskälte oder mit andern Worten: die Angaben des trockenen und des feuchten Thermometers stetig aufzuzeichnen.

Da nun immer die gleichzeitigen Ablesungen dieser beiden Instrumente mit einander verglichen werden müssen, so ist es in hohem Grade wünschenswerth, dass die zwei durch die Photographie erhaltenen Curven so angeordnet werden, dass die gleichzeitigen Angaben beider Thermometer genau unter und nahe einander auf demselben

Digitized by Google

Blatte Papier erscheinen; beide Curven werden somit dieselbe Scala für die Zeit besitzen. Durch diese Anordnung gewinnen wir neben anderen Vortheilen eine ausgezeichnete graphische Darstellung der Aenderungen, welche in der Feuchtigkeit der Luft stattfinden.

Wenn wir einen Blick auf die photolithographische Abbildung („facsimile") einer der Curven des Thermographen zu Kew werfen (Tafel IX), so sehen wir sogleich, dass die Erniedrigung des feuchten Thermometers unter das trockene und daher die Trockenheit der Luft am Mittage grösser ist, als um Mitternacht. Die hygrometrischen Eigenthümlichkeiten irgend einer plötzlichen Temperatur-Aenderung — wie eine davon in der Abbildung dargestellt ist — können auch auf diese Weise sehr deutlich wahrgenommen werden.

Die Aufgabe, so weit dieselbe die Temperatur betrifft, reducirt sich somit auf folgende: auf demselben Blatte Papier zwei Curven zu erhalten, von welchen die eine genau unter der andern gelegen ist, so dass beiden dieselbe Zeitscala entspricht, indem (beispielsweise) die obere Curve die Temperatur der Luft und die untere jene einer verdunstenden Wasserfläche von Moment zu Moment genau darstellt. Dies wird in folgender Weise erreicht:

Nehmen wir an, dass ein Cylinder (Figur 2) mit gleichförmiger Bewegung sich um eine verticale Axe — beispielsweise einmal in 48 Stunden — drehe und dass derselbe mit einem für die Lichteinwirkung empfindlichen Papiere überzogen sei. Setzen wir ferner voraus, wir hätten nahe an diesem Cylinder ein Quecksilber-Thermometer mit etwas weiterer Röhre, in welchem jedoch die Quecksilbersäule unterbrochen ist, indem eine kleine Luftblase den oberen Theil von dem unteren trennt. Es ist einleuchtend, dass, so wie die Temperatur zunimmt, die Luftblase steigen und wie jene abnimmt, diese sinken wird.

Figur 2.

Machen wir nun die Voraussetzung, dass alles Licht von dem empfindlichen Papier, welches den Cylinder umgibt, ausgeschlossen sei, jenes ausgenommen, welches durch die Luftblase hindurch gelangen kann, in dem eine Flamme unmittelbar hinter dieser Luftblase brennt. Unter diesen Umständen ist es klar, dass wir auf jenem Theile des Papieres, welcher sich in der Nähe des Thermometers befindet, eine kleine lichte Stelle haben werden, welche ihrer Grösse nach der Luft-

Digitized by Google

blase entspricht. Es ist ebenso einleuchtend, dass die verticale Stellung dieser hellen Stelle der vom Thermometer angezeigten Temperatur entsprechen wird, während ihre horizontale Lage in Bezug auf links und rechts auf dem Papier durch die Bewegung des Cylinders regulirt werden wird und wenn diese Bewegung gleichförmig ist, so wird die horizontale Lage der hellen Stelle genau die Zeit angeben, sowie dies mit der verticalen Stellung in Bezug auf die Temperatur der Fall ist.

Diese Anordnung ist jedoch aus verschiedenen Gründen nicht genau durchgeführt worden; einer dieser Gründe ist, dass wir nicht wohl durch diese Methode zwei lichte Stellen, von welchen die eine die Temperatur der Luft, die andere die Verdunstungskälte angibt, vertical über einander auf demselben sensitiven Papier erhalten können, so dass man für beide dieselbe Zeitscala hat.

Es ist jedoch klar, dass man die Thermometer bis zu einer beträchtlichen Distanz vom Cylinder und von einander entfernen und mittelst zweckmässig angebrachter Linsen es dahin bringen kann, Bilder der erleuchteten Luftblasen auf das sensitive Papier zu werfen, so dass das eine unter dem anderen sich befindet.

Diese Einrichtung ist es, welche gewählt wurde und die Anordnung des Apparates wird leicht verständlich werden, wenn wir einen Blick auf Taf. VII Fig. 1 werfen, welche einen Grundriss des Thermographen zeigt.

In dieser Figur muss man sich die Lichtflammen, Sammellinsen, Thermometerröhren, Linsen und den Cylinder senkrecht über der Ebene des Papieres stehend vorstellen.

Man sieht, dass das Licht zuerst durch eine Sammellinse hindurchgeht, und dann auf einen Spiegel fällt, der so gestellt ist, dass er den Strahl gegen die Thermometerröhre hinlenkt. Die Entfernung ist so berechnet, dass die Strahlen, welche vom Licht ausgehen, durch die Sammellinse in einer etwas grösseren Entfernung an der Stelle der Thermometerröhre vereinigt werden, so dass ein vergrössertes Bild der Flamme auf der Thermometerröhre erscheint. Diese Einrichtung leistet also dasselbe, als ob eine sehr lange Lichtflamme unmittelbar hinter der Thermometerröhre brennen würde, wobei jedoch das Licht blos durch die Luftblase hindurchgelangen kann, indem die Thermometerröhre ein ähnliches Aussehen hat, wie in Figur 2. Wir haben somit eine Luftblase, welche durch eine vergrösserte Flamme von hinreichender Länge beleuchtet ist, um auf

Digitized by Google

die Luftblase Licht zu werfen, selbst bei sehr beträchtlichen Temperaturänderungen. Die nächste Aufgabe ist, ein Bild dieser erleuchteten Luftblase auf das sensitive Papier, welches den Cylinder umgibt, zu projiciren. Dies geschieht mittelst einer Linse, durch welche ein Bild der erleuchteten Luftblase auf das Papier geworfen wird; in der Wirklichkeit werden durch eine doppelte derartige Vorrichtung die Bilder der den zwei Thermometern entsprechenden Luftblasen in dieser Weise auf das Papier geworfen. Man muss jedoch Sorge tragen, dass das Bild der Luftblase des befeuchteten Thermometers immer etwas unter jenem Bilde, welches dem trockenen Thermometer für denselben Zeitpunct entspricht, sich befinde. Dies wird durch eine Vorrichtung zur Regulirung der relativen Höhe der Thermometerröhren bewirkt, wobei man der Luftblase des befeuchteten Thermometers eine andere Höhe gibt als jener des trockenen Thermometers bei derselben Temperatur.

Temperatur-Scala.

Nachdem wir im Vorhergehenden eine allgemeine Auseinandersetzung der Einrichtung des Thermographen gegeben haben, wird es gut sein, etwas mehr im Detail die Mittel zu betrachten, welche angewendet wurden, um die Genauigkeit der Resultate zu sichern. Indem wir auf Tafel IX hinweisen, in welcher wir eine Abbildung der Curven des Thermographen vor uns haben, so ist erstlich die Nothwendigkeit einleuchtend, dass dieselbe vertikale Entfernung in jeder der Curven auch immer derselben Temperatur-Differenz entspreche für jenes Thermometer, auf welches sich diese Curve bezieht oder mit anderen Worten: die verticalen Entfernungen in den Curven müssen immer den Temperatur-Differenzen an den betreffenden Thermometern entsprechen. Z. B. wenn ein Sinken von einem halben Zoll in der Curve einem Sinken der Lufttemperatur von 10 Grad Fahrenheit entspricht, so muss dasselbe zu allen Zeiten und für alle Temperaturen diesem Betrage und nicht einem grösseren oder geringeren entsprechen.

Zweitens ist es in hohem Grade wünschenswerth, dass beide Curven denselben Scalenwerth besitzen oder mit anderen Worten: wenn die verticale Entfernung von einem halben Zoll bei der Curve des trockenen Thermometers eine Differenz von 10 Graden der Lufttemperatur bedeutet, so soll auch dieselbe Entfernung bei der Curve

Digitized by Google

des feuchten Thermometers so nahe wie möglich einem Unterschiede von 10 Graden der Verdunstungskälte entsprechen.

Diese Einrichtung bringt zwei Vortheile mit sich. Zuerst, wenn beide Curven dieselbe Scala haben und wenn zu irgend einer Zeit, wenn beide Thermometer dieselbe Temperatur haben, die Curve des feuchten Thermometers unter jene des trockenen zu liegen kommt, so wird sie immer unter derselben bleiben und die beiden Curven werden sich niemals kreuzen. Auf diese Art erlangt man durch einen einfachen Blick auf beide Curven eine gute graphische Repräsentation des hygrometrischen Zustandes der Luft. Ferner kann, wenn beide Curven so nahe wie möglich denselben Scalenwerth besitzen, dasselbe Instrument zur Verwandlung ihrer Angaben in Zahlen-Resultate benützt werden.

Kurz gefasst, sind die beiden zu erfüllenden Bedingungen:

1) ein constanter Scalenwerth für dieselbe Curve,

2) derselbe Scalenwerth für beide Curven.

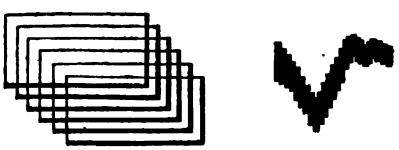
Diese Bedingungen sind in folgender Weise erfüllt worden: Zuerst musste man sich versichern, dass der innere Röhrendurchmesser für jedes Thermometer durchaus derselbe war, so dass für alle Höhen der Quecksilbersäule dieselbe Länge auf der Röhre derselben Anzahl von Fahrenheit'schen Graden entsprach. Die Richtigkeit sämmtlicher Thermometer der verschiedenen Thermographen in dieser Beziehung wurde zu Kew festgestellt. Zweitens war es nothwendig, aus einer Anzahl geeigneter Thermometer ein Paar von nahezu demselben Scalenwerthe auszusuchen, um dieselben als die zwei Thermometer für denselben Thermographen zu verwenden. Dies wurde gethan oder, genauer gesagt, es wurden drei Thermometer von nahezu demselben Scalenwerthe für jedes Instrument ausgesucht, indem es als wesentlich erachtet wurde, dass ein drittes Thermometer für den Fall vorhanden sei, wenn ein Unfall bei einem der beiden andern Thermometer sich ereignen sollte.

Es ist bereits angeführt worden, dass dasjenige, was auf dem sensitiven Papier photographirt wird, das Bild einer Luftblase ist, welche die Stetigkeit der Quecksilbersäule in jedem der Thermometer unterbricht. Setzen wir nun voraus, dass wir durch das angeführte Verfahren ausgezeichnete Thermometer erhalten haben, so ist demungeachtet noch eine weitere Bedingung zu erfüllen. Wir müssen mittelst geeigneter Linsen im Stande sein, auf einem verticalen Blatte

Digitized by Google

sensitiven Papiers, welches unsern Cylinder umgibt, gut begrenzte photographische Bilder der beiden Luftblasen zu erhalten und die Linsen müssen so angeordnet sein, dass die verticale Entfernung, um welche die Luftblase in dem Thermometer von Zeit zu Zeit ihren Ort verändert, immer ein constantes und bestimmtes Verhältniss zu der entsprechenden verticalen Entfernung behalte, welche das Bild der Luftblase auf dem empfindlichen Papier zurücklegt. Wenn z. B. einmal die Verschiebung der Luftblase im Thermometer gleich der Hälfte der entsprechenden Verschiebung des Bildes gefunden wird, so muss auch in allen anderen Fällen die erstere die Hälfte von der zweiten und nicht mehr und nicht weniger betragen.

Dieses Resultat ist mittelst einer geeigneten optischen Combination der benützten Linsen erzielt worden. In dieser Absicht haben wir Herrn Dallmeyer, den wohlbekannten Verfertiger photographischer Linsen, zu Rathe gezogen und sind alle Linsen der besprochenen Instrumente von demselben ausgeführt worden.[1]) Um ein gutes Resultat zu erzielen, ist es ferner erforderlich, dass das Bild der Luftblase (und daher die Luftblase selbst) so klein sei als möglich und soweit es sich mit der Intensität des zu Gebote stehenden Lichtes verträgt; denn wenn das Bild der Luftblase sehr breit wäre, so würden die verschiedenen Bilder in ihren wechselnden Positionen über einander fallen und ein schlechtes Resultat geben. Insbesondere würde dieses Resultat mit Rücksicht auf eine sogleich zu beschreibende Einrichtung des Uhrwerkes nicht entsprechend sein. Der Unterschied zwischen einer breiten und schmalen Luftblase gibt sich deutlich in den folgenden Figuren zu erkennen, in deren ersterer die Breite der Luftblase absichtlich sehr gross gemacht worden ist, um die durch das Uebereinanderliegen der Bilder bewirkte Verwirrung anschaulich zu machen, während wir in der anderen Figur eine Luftblase von gewöhnlicher Breite vor uns haben.



Figur 3.

1) Die anderen Theile der photographischen selbstregistrirenden Instrumente sind von Herrn Adie verfertigt worden.

Digitized by Google

Scala für die Zeit.

Stellen wir uns nun vor, dass wir durch das auseinandergesetzte Verfahren eine gut begrenzte Curve mit constantem Scalenwerthe erhalten haben, so ist es weiter nothwendig eine genaue Zeit-Scala zu besitzen.

Die Richtigkeit der Zeit-Scala wird in folgender Weise gesichert: Zuerst ist es einleuchtend, dass, wenn der Cylinder sich nicht regelmässig dreht, dies einen Fehler in der Zeit-Scala bewirken wird; denn der in der Mitte liegende Punct der Curve wird nicht mehr, der Zeit nach, jenem Augenblicke entsprechen, welcher zwischen dem Beginne und dem Ende der Beobachtung in der Mitte liegt. Aber selbst wenn der Cylinder sich regelmässig bewegt, haben wir gegen irgend einen Fehler in unserem Papier auf der Hut zu sein. Das Papier kann z. B. in einer gewissen Ausdehnung sich aufbauchen oder lose an den Cylinder anschliessen oder es kann, wegen hygrometrischen Einflüssen, eine ungleiche Dehnung oder Zusammenziehung der verschiedenen Theile des Papiers stattfinden, nachdem das photographische Bild sich demselben eingeprägt hat. In Folge dieser Umstände kann es leicht geschehen, dass der mittlere Punct der Curve nicht genau dem mittleren Zeitpuncte entspricht. Eine Methode, mittelst welcher aus dieser Quelle herrührende Fehler sehr vermindert werden, ist seit einiger Zeit an der k. Sternwarte zu Greenwich angewendet worden. Sie besteht darin, in gewissen bekannten Zeiten (jedesmal für einige wenige Minuten) das Licht abzuhalten, beispielsweise drei oder vier Mal im Laufe eines Tages. Auf diese Art werden entsprechende kleine weisse Stellen oder Lücken in der photographischen Registrirung hervorgebracht, für welche man die entsprechenden Zeitmomente genau kennt; von der Linie zwischen zwei auf einander folgenden Lücken kann man annehmen, dass dieselbe die entsprechende Zeit mit hinreichender Genauigkeit darstelle; denn da dieselbe verhältnissmässig kurz ist, so ist es nicht wahrscheinlich, dass dieselbe in irgend einem merklichen Grade durch das Aufbauchen des Papieres oder eine andere Ursache afficirt werde.

Bei den Instrumenten, welche wir hier beschreiben, wird das Licht jede zweite Stunde genau durch 4 Minuten von dem photographischen Papier abgehalten. Es wird dies durch eine mechanische, mit der Uhr des Instrumentes verbundene Vorrichtung bewirkt, welche Herr Beckley erdacht hat. Ein Schirm fängt das Licht genau

Digitized by Google

2 Minuten vor jeder geraden Stunde (mittlere Zeit von Greenwich) auf, wie dieselbe von der Uhr, welche den Cylinder bewegt, angegeben wird und derselbe Schirm wird genau zwei Minuten nach der Stunde wieder zurückgezogen. Natürlich hängt der Erfolg dieser Methode von der Genauigkeit der Uhr des Instrumentes ab. Nun hat man zu Kew gefunden, dass die Uhr des Thermographen, wenn sie mittelst eines Chronometers genau regulirt worden ist, im Laufe von 48 Stunden (welche Zeit einer Curve entspricht) nicht mehr als einige wenige Secunden von der mittleren Greenwicher Zeit abweicht; sie ist daher für unseren Zweck hinreichend genau. Die Wirkung der Lichtunterbrechung ist deutlich zu ersehen in der Abbildung der Curve des Barographen auf Tafel IX.

Normalwerthe.

Wir haben nun die Methode auseinandergesetzt, mittelst welcher wir uns bemühten, gute und genaue Curven — sowohl in Beziehung auf die Temperatur, als auf die Zeitscala — bei unserem Thermographen zu erhalten. Es ist jedoch nicht genug, Curven zu erhalten, welche für genau erachtet werden können, sondern es ist weiter erforderlich, irgend eine Probe anzustellen, um die Genauigkeit dieser Aufzeichnungen zu untersuchen. In Bezug auf die Zeitscala geschieht dies mittelst eines Chronometers mit Hilfe der Methode, welche wir auseinandergesetzt haben. Gerade so, wie wir nun einen Chronometer oder eine Normaluhr benützen, um die Genauigkeit unserer Zeitscala zu prüfen, ebenso müssen wir ein Normal-Thermometer anwenden, um die Genauigkeit unserer Temperatur-Scala zu bestimmen.

In Uebereinstimmung mit dem eben Gesagten haben wir für jeden Thermographen zwei Normal-Thermometer, deren Gefässe in Form und Grösse durchaus jenen des Thermographen ähnlich und deren Scalen leicht abzulesen sind. Das eine dieser Normal-Thermometer wird als trockenes Thermometer verwendet und ist in der Nähe des trockenen Thermometers des Thermographen angebracht, während das andere als befeuchtetes Thermometer benützt wird und nahe an dem entsprechenden Thermometer des Thermographen angebracht ist. Die Methode, diese Normal-Thermometer zu beobachten, ist folgende:

So oft als möglich und zwar genau in dem Momente, wenn das Licht zuerst durch die Vorrichtung an der Uhr abgehalten wird, das ist also zwei Minuten vor jeder geraden Stunde, liest der Beobachter

Digitized by Google

das Normal-Thermometer ab. Wir wissen auf diese Art, welches die wahre Ablesung für die Curven in dem Momente ist, wo das Licht abgeschnitten wird, und wir erhalten daher, indem wir die für diesen Zeitpunct von den Curven gelieferten Werthe mit den von den Normal-Thermometern gegebenen vergleichen, ein Maass der Genauigkeit unseres Apparates.[1])

Anordnung des Thermographen innerhalb des Zimmers.

Die Skizze in Tafel VIII Fig. 1 wird zum Verständniss der Anordnung des Thermographen innerhalb des Zimmers dienen:

F, *F* sind die Gas- oder Paraffinflammen;

B, *B* die Sammellinsen;

M ist einer der Spiegel (der andere ist in der Zeichnung nicht sichtbar);

T, *T'* stellen die Thermometerröhren vor mit den Gestellen, an welchen sie befestigt sind. Auf die Rückseite dieser Thermometerröhren werden durch die Sammellinsen vergrösserte Bilder der Flammen geworfen; die Spiegel dienen dazu, die Richtung der Strahlen so zu reguliren, dass dieselben auf die Thermometer fallen. Diese Strahlen gehen nur durch die Luftblasen hindurch;

L, *L* sind zwei photographische Linsen, auf welche die Lichtstrahlen, welche durch die Luftblasen der beiden Thermometer hindurchgegangen sind, gelenkt werden;

C ist der vom Uhrwerke bewegte und mit empfindlichem Papier bedeckte Cylinder, auf welchem die von den beiden Linsen *L L* gemachten Bilder der Luftblasen und zwar das eine Bild vertical unter dem andern projicirt werden;

C' ist die Uhr;

S ist der von der Uhr in Bewegung gesetzte Lichtschirm. Derselbe hält das Licht jede zweite Stunde durch 4 Minuten ab;

H ist eine Kurbel, welche, indem sie eine Schraube in Bewegung setzt, einen Rahmen, an dem beide Thermometer befestigt sind,

1) Der nächste Paragraph enthält die angewendete Methode der Reduction der photographischen Curven, von welcher wir nur kurz bemerken, dass das angewendete Instrument eine ebene Glasplatte ist, auf welcher verticale (Stunden-) und horizontale (Temperatur-) Linien eingeritzt sind. Durch Vergleichung der von den Normal-Thermometern und von den photographischen Curven gelieferten Temperaturen ergab sich, dass der mittlere Unterschied 0,09° Fahrenheit war.

Digitized by Google

nach Erforderniss hebt oder senkt. Im Winter z. B., wenn die Temperatur niedrig ist, kann es wünschenswerth sein, den Rahmen so zu heben, dass die Luftblase sich in der Mitte der Linse befindet, denn in dieser Stellung ist das photographische Bild am schärfsten. Im Sommer wird man aus einem ähnlichen Grunde den Rahmen herabsenken.

Anordnung des Thermographen ausserhalb des Zimmers.

Wir haben den verticalen Theil der Thermometerröhren, welcher die Luftblasen enthält und sich nothwendiger Weise innerhalb des Zimmers befinden muss, bereits erwähnt. Am unteren Ende dieses verticalen Theiles ist die Thermometerröhre nach auswärts gebogen und geht durch die Mauer oder Holzwand in horizontaler Richtung weiter, indem sie sich ausserhalb der Wand wenigstens zwei Fuss in dieser Richtung erstreckt, bis sie in der Nähe des Thermometergefässes neuerdings nach abwärts gebogen ist. Der Zweck dieser Einrichtung ist, das Thermometergefäss so weit als möglich entfernt von dem Einflusse der Wand anzubringen.

Um diesem Einflusse so viel als möglich entgegen zu wirken, ist ausserhalb ein dünnes Brett parallel zu der Wand so angebracht, dass ein Luftstrom frei zwischen der Wand und diesem Brette circuliren kann. Man kann somit annehmen, dass dieses Brett, welches den rückwärtigen Theil des Gestelles für das Thermometer bildet, so nahe wie möglich die Temperatur der Luft besitze.

Das Thermometergehäuse ist aus Jalousien zusammengesetzt und bildet einen Raum von etwa 4 Quadratfuss, welcher die Thermometer auf allen Seiten bis etwas unter dem Niveau der Thermometergefässe umgibt. Dieses Gehäuse ist sehr offen, indem dasselbe nur insoweit geschlossen ist, dass es die Sonnenstrahlen abhält und die Thermometerkugeln vor der Gewalt des Windes schützt. Dasselbe wird immer auf der Nordseite des Observatoriums angebracht, indem man Sorge trägt, dass die Lage eine freie und die Thermometerkugeln nicht näher am Erdboden als 6 und nicht entfernter als 12 Fuss seien.

Die Skizze auf Tafel VIII Fig. 2 wird uns in den Stand setzen, die Anordnung zu überblicken:

F ist der Rahmen, welcher die Thermometer trägt, und welcher gehoben und gesenkt werden kann;

Digitized by Google

D, *W* sind die Gefässe für das trockene und feuchte Thermometer des Thermographen;

D' *W'* sind die Normalthermometer (trockenes und feuchtes Thermometer) welche zu der Zeit abgelesen werden, wenn das Licht durch die Vorrichtung an der Uhr abgeschnitten wird.

V ist das Gefäss, welches das Wasser für das feuchte Thermometer enthält. Um sicher zu sein, dass die Temperatur dieses Wassers so nahe wie möglich mit jener der Luft übereinstimme, hat das Gefäss die Form eines hohlen Würfels, so dass eine grosse Oberfläche der Luft ausgesetzt ist, welche durch die Höhlung in der Mitte des Würfels frei circuliren kann. Die Gefässe der feuchten Thermometer sind mit feinem Mousseline überzogen und das Wasser wird auf dieselben durch einen Bündel Fäden geleitet, welche in zwei an dem Wassergefässe angebrachten Rinnen liegen; die eine Rinne führt das Wasser dem Gefässe des feuchten Thermometers des Thermographen, die andere jenem des Normalthermometers zu.[1])

Principien bei Construction des Barographen.

Der Barograph ist bestimmt, den Luftdruck stetig aufzuzeichnen. Es mag beim ersten Anblick für diesen Zweck hinreichend scheinen, die Höhe der Quecksilbersäule im Barometer auf eine ähnliche Art zu messen, wie die Höhe der Quecksilbersäule im Thermographen verzeichnet wird. Ein solches Verfahren würde jedoch den Luftdruck nicht genau wiedergeben. Wenn die Quecksilbersäule immer auf derselben Temperatur erhalten werden könnte, so würde das Verfahren wohl genau sein, allein da dieselbe fortwährend ihre Temperatur und mit derselben ihre Dichte ändert, so ist es einleuchtend, dass dieselbe Höhe der Quecksilbersäule bei verschiedenen Temperaturen nicht demselben Luftdrucke entsprechen wird. So z. B. wird, da das Quecksilber bei 32° Fahr. dichter ist, als bei 60°, die Höhe der Säule, welche erforderlich ist, demselben Drucke das Gleichgewicht zu halten, bei

[1]) Es folgt nun im Originale eine Untersuchung über den Einfluss der Localität und der Dimensionen der Thermometer. Es werden die gleichzeitigen Ablesungen an dem Psychrometer des Thermographen und einem andern getrennt von dem Gebäude aufgestellten verglichen. Aus 117 Vergleichungen ergibt sich ein mittlerer Unterschied für das trockene Thermometer von 0,23°, für das feuchte von 0,20° Fahrenheit.

Digitized by Google

32° etwas geringer sein, als bei 60°. Aus diesem Grunde wird immer, wenn man ein Barometer abliest, zu gleicher Zeit auch die Temperatur des Quecksilbers notirt und mittelst einer Correctionstafel jene Höhe der Quecksilbersäule gesucht, welche bei 33° Fahr. denselben Druck ausübt, wie die beobachtete Höhe bei der beobachteten Temperatur. In Kürze ausgedrückt, der Druck der Luft wird immer im Gleichgewichte gedacht mit einer Quecksilbersäule von der constanten Temperatur von 32° Fahr.

Bei dem ursprünglich von Herrn Francis Ronalds construirten Barographen — welcher bis zu einem gewissen Puncte als Vorbild für diese Instrumente betrachtet werden kann — war die Temperaturcompensation in folgender Weise bewirkt worden: Nehmen wir zunächst an, der absolute Luftdruck bleibe derselbe, während die Temperatur der Quecksilbersäule zu- und deren Dichte somit abnimmt. Unter diesen Umständen wird die Quecksilbersäule, welche erforderlich ist, dem Luftdrucke das Gleichgewicht zu halten, steigen oder zu steigen scheinen. Nun hatte Hr. Ronalds eine Temperaturcompensation so angebracht, dass die ganze das Quecksilber enthaltende Röhre bei einer Zunahme der Temperatur gerade um so viel zum Sinken gebracht wurde, als die Quecksilbersäule aus derselben Ursache gestiegen war. Wenn diese Compensation genau ausgeführt werden könnte, so ist es klar, dass dieselbe Höhe der Kuppe der Quecksilbersäule bei allen Temperaturen demselben Drucke entsprechen würde.

Es gibt jedoch zwei Einwendungen gegen diese Einrichtung.

Erstlich, da das Barometer mit seiner Fassung ein sehr bedeutendes Gewicht besitzt, so darf man vermuthen, dass irgend eine Temperaturcompensation, welche dadurch wirkt, dass sie dieses Gewicht hinauf und herab bewegt, nicht sanft und stetig, sondern stoss- oder sprungweise wirke.

Zweitens, setzen wir voraus, dass man an einem Instrumente von dieser Construction schliesslich gefunden habe, dass die Temperatur-Correction nicht gross genug oder zu gross ausgefallen sei, so hat man kein Mittel die Aufzeichnungen zu corrigiren, welche der Apparat bereits geliefert hat; diese Aufzeichnungen bleiben nothwendiger Weise unvollkommen.

Bei der gegenwärtigen Einrichtung hat man getrachtet, beiden diesen Quellen der Ungenauigkeit durch eine Methode zu begegnen,

Digitized by Google

welche besser verstanden werden wird, bis die andern Bestandtheile des Apparates beschrieben sein werden.

Nach Demjenigen, was bereits über den Thermographen gesagt worden ist, wird eine ganz kurze Beschreibung der Theile des Apparates genügen.

In der Abbildung des Barographen (Taf. VII, Fig. 2) bezeichnet:

F die Gas- oder Paraffinflamme;

B die Sammellinse, mittelst deren ein vergrössertes Bild der Flamme auf den leeren Raum über dem Quecksilber in dem Barometer *b* geworfen wird. Die Höhe des Barometers kann mittelst einer Schraube unterhalb des Gefässes vergrössert oder vermindert werden; es ist jedoch wünschenswerth, solche Aenderungen wo möglich zu vermeiden;

S ist eine Spalte, welche nur einen schmalen Theil des Lichtes oberhalb des Quecksilbers hindurchgehen lässt. Wir haben auf diese Art eine erleuchtete Spalte, welche oben durch ihren Rand und unten durch die Oberfläche des Quecksilbers im Barometer begrenzt wird. Diese erleuchtete Spalte wird daher, wenn das Barometer fällt, länger und wenn dasselbe steigt, kürzer werden;

L ist eine photographische Linse, mittelst deren ein Bild der erleuchteten Spalte auf dem den Cylinder *c* umgebenden empfindlichen Papier erzeugt wird;

C ist die Uhr, welche den Cylinder *c* einmal in 48 Stunden herumdreht, indem die Zeitscala genau dieselbe ist, wie für den Thermographen. Dieselbe bewegt auch

S' den Schirm, welcher jede zweite Stunde vier Minuten lang das Licht von dem empfindlichen Papier abhält.

Die Temperatur-Compensation.

Gehen wir nun zur Beschreibung der für die Temperatur-Compensation gewählten Einrichtung über.

Wenn keine solche Compensation und keine andere Vorrichtung als die oben beschriebene bestände, so würde das von der Linse *L* auf den Cylinder geworfene Bild jenes der erleuchteten Spalte sein. Da diese Linse das Bild umkehrt, so würde der obere Theil der erleuchteten Spalte oder derjenige, welcher die obere Begrenzung derselben darstellt, dem unteren Ende des Bildes auf dem Cylinder entsprechen, während die untere Begrenzung der erleuchteten Spalte oder jene,

Digitized by Google

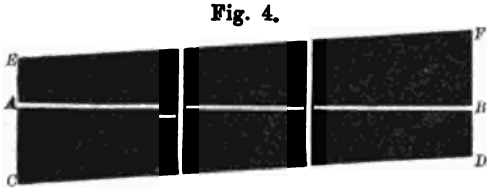
welche durch das Quecksilber des Barometers gebildet wird, durch den oberen Theil des Bildes dargestellt sein würde.

Da nun die obere Begrenzung der Spalte unveränderlich, die Oberfläche des Quecksilbers dagegen veränderlich ist, so würden wir, wie sich der Cylinder dreht, durch die Einwirkung des Lichtes auf das Papier einen geschwärzten Raum erhalten, welcher unterhalb eine horizontale oder gerade, oberhalb eine krummlinige Begrenzung haben würde, indem diese Curve in der That die von dem Apparate gelieferte graphische Darstellung der Höhe der Quecksilbersäule von einem Augenblicke zum andern wäre.

Um die Beschaffenheit der Temperaturcorrection zu erläutern, wollen wir annehmen, dass der wahre Luftdruck während einer gewissen Zeit constant bleibe, während die Temperatur der Quecksilbersäule dagegen fortfährt zu steigen. Diese Quecksilbersäule wird somit wegen der Erhöhung ihrer Temperatur specifisch leichter werden und es wird eine grössere Länge derselben erforderlich sein, um demselben Luftdrucke das Gleichgewicht zu halten — das Quecksilber wird daher steigen.

Wenn CD (Fig. 4) die schräge Linie ist, welche durch ihre Höhe jene der Oberfläche des Quecksilbers angibt, so wird unter den eben angegebenen Umständen CD so wie in der Figur steigen, obgleich

Fig. 4.



EF ist der unterste Theil des Bildes, wie dasselbe auf dem Cylinder erzeugt wird, allein in der Curve, wie dieselbe von dem empfindlichen Papier abgelesen wird, bildet sie den oberen Theil.

der wahre Druck der Luft unverändert bleibt. Wenn wir also unsere Ordinaten von einer horizontalen geraden Linie AB aus messen, so wird DB offenbar kleiner sein als CA. Wenn wir jedoch, anstatt von der Linie AB aus zu messen, von der schrägen Linie EF ausgehen, welche durch irgend eine Vorrichtung mit der Temperatur steigt und fällt, genau in derselben Weise, in welcher CD aus derselben Ursache steigt oder fällt, so werden wir das richtige Resultat erhalten. In dem besonderen Falle, den wir eben betrachten (wo der wahre Druck der Luft constant bleibt, während die Temperatur sich

Digitized by Google

ändert) werden wir nicht mehr eine veränderliche Ordinate erhalten, wenn wir von der Grundlinie EF aus messen, denn CE ist offenbar DF gleich und ebenso sind alle zwischenliegenden Ordinaten unter einander gleich.

Die Temperaturcorrection ist somit auf die Aufgabe zurückgeführt, eine krumme oder schräge Grundlinie zu erhalten, welche mit der Temperatur genau in demselben Maasse steigt oder sinkt, als dies bei der Quecksilbersäule aus demselben Grunde der Fall ist. Dies wird durch eine Combination von Zinkstangen (Z in der Figur) bewirkt. Diese Stangen sind mit ihrem unteren Ende an einer Schieferplatte und an ihr oberes Ende ist ein Zeiger P befestigt; dieser Zeiger steigt und fällt daher mit der Temperatur. Der Zeiger P wirkt nun auf den kürzeren Arm eines Glashebels, dessen Stützpunct f ist[1]) und dessen längerer Arm mit seinem Ende sich knapp an dem sensitiven Papier befindet, wo derselbe einen Schirm trägt, der das Licht abhält und auf diese Weise die Linie EF — die untere Begrenzung des Bildes, wie es auf dem Cylinder erscheint — zeichnet. Dieser bewegliche Schirm ist es, welcher uns eine schräge Grundlinie liefert und die Länge der Zinkstangen und die Position des Stützpunctes des Hebels sind so berechnet, dass der Schirm mit der Temperatur so nahe wie möglich in demselben Maasse steigt oder sinkt, als die andere Begrenzung des Bildes, welche von der Oberfläche des Quecksilbers herrührt, aus derselben Ursache steigt oder sinkt. Es bleibt nur mehr übrig zu erwähnen, dass die weisse gerade Linie AB von einem fixen Metalldrahte in der Nähe des Cylinders herrührt; dieser Metalldraht hält das Licht ab und liefert uns eine Linie, welche die Bewegung des Cylinders anzeigt.

Normalstände, auf welche die Angaben des Barographen bezogen werden.

Es wird nun wünschenswerth sein, die Prüfung auseinander zu setzen, welcher die Angaben des Apparates unterzogen werden, um sich zu versichern, was derselbe leistet. Zuerst haben wir eine Vorrichtung an der Uhr, in jeder Hinsicht jener am Thermographen ähnlich, mittelst welcher das Licht jede zweite Stunde (mittlerer Greenwicher Zeit) 4 Minuten lang abgehalten wird. Setzen wir nun voraus,

1) Diese Drehungsaxe f lässt sich so verschieben, dass dieselbe dem Zeiger näher gebracht oder von demselben entfernt werden kann, wenn man schliesslich finden sollte, dass die Temperaturcompensation nicht genau ist.

Digitized by Google

dass das Normalbarometer so oft als möglich zu Ende dieser 4 Minuten abgelesen werde, so haben wir auf diese Art den wahren Luftdruck für bestimmte Zeitmomente, welche bestimmten Puncten der Curve der Barographen — oder kürzer des Barogramms — entsprechen. Durch die Vergleichung dieser Daten für den Luftdruck mit den Ablesungen des Barographen für dieselben Zeiten haben wir ein Maass der Genauigkeit unseres Apparates.

Setzen wir ferner voraus, dass wir zu denselben Zeiten die Temperatur des Quecksilbers unseres Barographen ablesen, welche durch ein Thermometer erhalten wird, welches in eine mit Quecksilber gefüllte Röhre von demselben Durchmesser wie jene des Barographen eintaucht (siehe die Figur), so kennen wir die Temperatur der Quecksilbersäule (welche auch jene der Zinkstangen ist) für bestimmte Zeitmomente, welche bestimmten Puncten der Curve entsprechen. Es ist leicht ersichtlich, dass durch eine derartige Vorrichtung die Linie EF in der Wirklichkeit die Curve eines Thermographen ist, welcher die Temperatur der Zinkstangen, oder was so nahe als möglich dasselbe ist, jene des Quecksilbers des Barographen von einem Augenblicke zum andern stetig aufzeichnet.

Indem wir diese Curve als eine stetige Aufzeichnung der Temperatur des Quecksilbers behandeln, sind wir unabhängig von deren Genauigkeit in Beziehung auf die Compensation für das Barometer, denn selbst wenn die Curve als Temperatur-Compensation betrachtet, sehr ungenau wäre, so würde sie noch immer die Temperatur des Quecksilbers von einem Augenblicke zum andern sehr gut darstellen.

Wir haben somit in der Wirklichkeit zwei von dem Apparate gelieferte Curven, welche auf entgegengesetzten Seiten der Grundlinie AB liegen und von welchen die eine CD (auf die Grundlinie AB bezogen) die uncorrigirte Barometerhöhe und die andere EF (auf dieselbe Grundlinie bezogen) die Temperatur des Quecksilbers von einem Augenblicke zum anderen darstellt. Mittelst dieser beiden Curven können wir, wenn wir uns nur die nöthige Mühe geben, eine absolut genaue Correction für unsere Beobachtungen — soweit dieselbe von der Temperatur abhängt — erhalten.

Während die eben auseinandergesetzte Methode alle von der Temperatur herrührenden Schwierigkeiten beseitigt, wenn man die nöthige Mühe darauf verwendet, so erfordert dieselbe eine Reihe von

Digitized by Google

genauen Messungen und kann deshalb vielleicht als zu mühevoll erachtet werden.

Auch ist diese Methode von der meteorologischen Commission, soweit dieselbe bis jetzt in der Reduction der Curven der Barographen gelangt ist, nicht angewendet worden.[1])

Grundsätze bei Construction des Anemographen.

Der von der meteorologischen Commission adoptirte Anemograph ist jener von Dr. Robinson mit einigen mechanischen Modificationen von Beckley.[2]) Eine Beschreibung dieses Instrumentes hat Dr. Robinson in den Verhandlungen der k. irländischen Akademie vom 10. Juni 1850 gegeben. Das Princip der Construction des Anemographen wird durch einen Blick auf Tafel VII Figur 3 einleuchtend sein. Wir haben 4 halbkugelförmige Schalen, welche in einer horizontalen Ebene rotiren und ihre Bewegung einer verticalen Axe mittheilen, wobei die ganze Anordnung so getroffen ist, dass die Reibung auf den geringsten Betrag reducirt wird.

Nach welcher Richtung immer der Wind wehen mag, so werden die Schalen immer mit der convexen Seite nach vorne bewegt werden, da die Luft kräftiger auf die innere (hohle), als auf die äussere (convexe) Seite der Schalen drückt. Dr. Robinson, welcher in der erwähnten Abhandlung den Apparat in sehr vollständiger Weise unter-

---

1) Im nächsten Paragraphe wird die bisher angewendete Methode der Reduction auseinandergesetzt. Sie besteht in Kürze darin, die Entfernungen *CE*, *DF* der beiden Grundlinien oder Curven zu messen und mit den gleichzeitigen direkten Ablesungen zu vergleichen. Nimmt man die Mittel dieser Vergleichungen für jeden Tag und sondert diese Tagesmittel in zwei Gruppen, von welchen die eine die Tagesmittel mit höheren, die andere jene mit niedrigeren Barometerständen enthält, so kann man die zwei Constanten, welche zur Reduction der Angaben des Barographen erforderlich sind, bestimmen. Bei dem Apparate zu Kew entspricht ein Zoll des Barographen 0.640 Zollen des Barometers und die mit 1.000 (Zoll) bezeichnete Linie des Baregraphen dem Stande von 30.379 engl. Zollen des Barometers. Wenn man mit Hilfe dieser Constanten die Angaben des Barographen in Zahlen verwandelt und mit den gleichzeitigen Ablesungen am Barometer vergleicht, so ergeben sich kleine Differenzen. Nimmt man für jeden Tag das Mittel dieser Unterschiede und bringt es als Correction an die Angaben des Barographen an, so bleiben nur mehr sehr geringe zufällige Differenzen übrig, welche im Durchschnitte in den Monaten Januar und Februar 1867 0.0027 Zolle betrugen.

2) Die Anemographen für die verschiedenen Observatorien sind theils von Hrn. Casella theils von Hrn. R. und J. Beck verfertigt worden.

Digitized by Google

sucht hat, ist sowohl auf dem Wege der Theorie als auf jenem des Versuches zu folgenden Schlüssen gelangt:

1) die Geschwindigkeit, mit welcher die Mittelpuncte der halbkugelförmigen Schalen bewegt werden, ist in allen Fällen sehr nahe der dritte Theil von jener, mit welcher der Wind in horizontalem Sinne — ohne Rücksicht auf die Richtung — weht,
2) diese Beziehung zwischen den Geschwindigkeiten ist unabhängig von den Dimensionen des Apparates d. h. von der Länge der Arme und dem Durchmesser der Halbkugeln.

Die Dimensionen der von der meteorologischen Commission an alle Observatorien vertheilten Apparate — mit Ausnahme jenes zu Armagh — sind folgende:

Entfernung der Mittelpuncte der Halbkugeln von dem Centrum der Axe . . . . . 24 Zolle
Durchmesser der Halbkugeln . . . . . 9 „

Zu Armagh ist das von Dr. Robinson selbst construirte Instrument in Verwendung, dessen Dimensionen die folgenden sind:

Entfernung der Mittelpuncte der Halbkugeln von dem Centrum der Axe . . . . . 23 Zolle
Durchmesser der Halbkugeln . . . . . 12 „

Die Halbkugeln zu Armagh sind daher etwas grösser als jene an den anderen Observatorien, indessen hat dieser Umstand wenig zu bedeuten.

Die folgende Beschreibung bezieht sich auf die von der meteorologischen Commission vertheilten Instrumente, welche in den Einzelheiten etwas von dem Apparate Dr. Robinson's abweichen.

Einrichtung zur Registrirung der Windgeschwindigkeit.

Die Bewegung der Spindel *A* (Tafel VII Figur 3), welche die Schalen trägt und sich mit denselben bewegt, wird vertical nach abwärts in das Kästchen übertragen, wo dieselbe durch eine Anzahl von Rädern im Verhältnisse von 7000 : 1 vermindert wird.

Je früher diese Reduction bewirkt wird, desto besser, indem die mit der raschen Bewegung einer langen Axe verbundene Reibung auf diese Art vermieden wird. Nachdem die Bewegung in diesem Verhältnisse vermindert worden ist, wird dieselbe der Spindel *A'* mitgetheilt, welche sich daher einmal umdreht, wenn die die Schalen tragende Spindel *A* 7000 Umdrehungen gemacht hat.

Digitized by Google

Mittelst conischer Räder bewirkt eine Umdrehung der Spindel A' eine Umdrehung eines horizontalen Cylinders, welcher den Zeichenstift für die Windgeschwindigkeit trägt, und welcher Zeichenstift die Form eines spiralförmigen aus der Oberfläche des Cylinders heraustretenden Ansatzes aus Messing hat. Dieser Ansatz drückt auf ein Blatt präparirtes Metallpapier, welches um den Cylinder C herumgewickelt ist. Dieses Metallpapier trägt zwei Scalen, die eine für die Geschwindigkeit, die andere für die Richtung des Windes und diese Scalen sind so eingerichtet, dass der Zeichenstift (oder spiralförmige Ansatz) für eine Umdrehung der Spindel A' und daher auch des Cylinders, der den spiralförmigen Stift für die Geschwindigkeit trägt, eine von 0 bis 50 reichende Linie auf dem Theile des Papieres, welches die Scala für die Geschwindigkeit trägt, zeichnen wird. (Siehe Tafel VII Figur 3a).

Bevor wir weiter gehen, wollen wir von Dr. Robinson's Resultaten ausgehend und mit Hilfe der Kenntniss der Dimensionen des Apparates, berechnen, welche horizontale Entfernung der Wind für eine Umdrehung der Spindel A' zurückgelegt hat. Die halbkugelförmigen Schalen haben während dieser Zeit eine Zahl von 7000 Umdrehungen vollbracht. Da die Entfernung zwischen dem Mittelpuncte einer Halbkugel und jenem der Axe 2 Fuss beträgt, so ist der Durchmesser des von den Schalen beschriebenen Kreises 4 Fuss und daher wird der ganze bei einer Umdrehung zurückgelegte kreisförmige Weg $4 \times 3.1416 = 12.5664$ Fuss betragen. Für 7000 Umdrehungen wird also der ganze von den Schalen zurückgelegte Weg $12.5664 \times 7000 =$ 87965 engl. Fuss (nahezu) betragen. Wenn wir jedoch mit Dr. Robinson voraussetzen, dass der Wind sich dreimal so schnell bewegt, als die Schalen des Anemometers, so wird sich der Wind während dieser Zeit in horizontalem Sinne durch 263895 oder in runden Zahlen durch 264000 (engl.) Fuss oder 50 (engl.) Meilen bewegt haben. Wenn also der Stift für die Windgeschwindigkeit auf dem präparirten Papier eine Linie gezogen hat, welche sich über die ganze Breite desselben oder von 0 bis 50 der Windgeschwindigkeits-Scala erstreckt, so wird der Wind einen Weg von 50 Meilen zurückgelegt haben. Man sieht daher, dass die Zahlen der Scala die Anzahl der Meilen bedeuten, welche der Wind in horizontalem Sinne zurückgelegt hat. Der Cylinder C wird ähnlich wie jene bei den anderen Apparaten durch das Uhrwerk einmal in 48 Stunden umgedreht und derselbe

Digitized by Google

besitzt dieselbe Zeitscala wie die Cylinder der anderen Apparate. Das Papier, welches über den Cylinder gespannt ist, unterscheidet sich jedoch von jenem, welches die anderen Cylinder umgibt, dadurch, dass es kein photographisches, sondern ein präparirtes Metallpapier ist, auf welchem ein Messingstift eine Marke hinterlässt. Es ist nun nach der eben gegebenen Beschreibung leicht einzusehen, dass wir bei diesem Apparate keine Vorrichtung anbringen können, welche das Licht alle zwei Stunden abhält, indem die Wirkungsweise des Apparates keine photographische, sondern eine mechanische ist. Unter diesen Umständen hat es am zweckmässigsten geschienen, das den Cylinder umgebende Papier in vorhinein mit den Linien sowohl für die Zeit- als für die andere Scala des Apparates zu versehen. Da nun das Papier vermittelst des Uhrwerkes in die Runde gedreht wird, und zur selben Zeit der Windgeschwindigkeits-Stift in Bewegung ist, so werden wir als Resultat beider Bewegungen eine Reihe von schrägen Linien haben, welche von dem Geschwindigkeits-Stifte auf dem präparirten Papiere in ähnlicher Weise wie in der Figur gezeichnet werden. Jede dieser Linien wird einen vom Winde zurückgelegten Weg von 50 Meilen anzeigen und man wird in der Figur bemerken, dass, wenn der spiralförmige Stift 50 Meilen markirt hat, derselbe aufhört, links zu zeichnen und auf der rechten Seite neuerdings von 0 (Meilen) zu zeichnen beginnt. Das Aussehen der in dieser Weise binnen 24 Stunden registrirten Curve ist aus der zweiten Abbildung der Tafel X, welche eine der Curven des Anemographen zu Kew darstellt, ersichtlich.

Einrichtung des Apparates für die Windrichtung.

Wir lassen nun eine kurze Beschreibung desjenigen Theiles des Apparates folgen, welcher die Richtung des Windes stetig registrirt.

Wie man aus der nachstehenden Tafel VII Figur 4 ersieht, so befinden sich zwei Windmühlflügel an einer gemeinschaftlichen Axe;

A ist die Spindel für die Windgeschwindigkeit,

DDD ein hohler Cylinder, welcher die Stelle der Axe für die Richtung des Windes vertritt,

EEE ein hohler feststehender Cylinder,

P die Pfeilspitze,

G ein Gegengewicht,

H die Schutzhülle.

Digitized by Google

Die gemeinschaftliche Axe der beiden Windmühlflügel trägt eine Schraube ohne Ende, welche in ein feststehendes gezähntes Rad eingreift. Die ganze Vorrichtung mit den Windmühlflügeln ist beweglich und wird durch Frictionsrollen getragen, so dass die Schraube ohne Ende sich vollkommen frei an der Peripherie des feststehenden gezähnten Rades bewegen kann, wenn die Bewegung des Windes gegen die Flügel diese Tendenz hat.

Wenn der ganze Apparat somit leicht beweglich und die Pfeilspitze, sowie in der Figur zu sehen, angebracht ist, so folgt aus dem Princip der Windmühlflügel, dass das ganze System sich um das feste Rad bewegen wird, bis die Pfeilspitze nach jener Richtung zeigt, nach welcher der Wind eben weht. Hat das ganze System einmal diese Lage angenommen, so werden die Flügel in Beziehung auf den Wind so gestellt sein, dass kein Druck mehr vorhanden sein wird, welcher die Tendenz hätte, dieselben zu drehen.

Der Apparat hat eine hohle Axe DD, welche die centrale Axe der Spindel für die Windgeschwindigkeit umgibt. Diese hohle Axe wird sich daher einmal in die Runde bewegen, wenn der Wind eine Umdrehung vollbracht hat und dieselbe wird sich bei irgend einer Aenderung der Richtung des Windes bewegen.

Diese hohle Axe ist mit der Spindel B (Tafel VII Figur 3a) in Verbindung, so dass eine Umdrehung der hohlen Axe eine Umdrehung der Spindel B bewirkt, welche daher eine Umdrehung vollbringen wird, wenn der Wind sich einmal herumgedreht hat. Diese Spindel B ist mit einem spiralförmigen Stifte für die Windesrichtung genau in derselben Weise verbunden, in welcher die Spindel A' mit dem spiralförmigen Stifte zusammenhängt. Dieser Stift wird sich über die ganze Breite der Scale für Windrichtung von der Rechten gegen die Linke bewegen, wenn der Wind eine ganze Umdrehung von Nord durch West, Süd, Ost wieder nach Nord zurück vollbracht hat, während wenn sich der Wind in entgegengesetzter Richtung dreht, auf die Bewegung des spiralförmigen Stiftes auf der Scala der Windrichtung die entgegengesetzte, also von links gegen rechts gerichtete sein wird. Es ist überflüssig noch mehr zur Erläuterung hinzuzufügen und es wird die Hinweisung auf die obere Curve der Tafel X genügen, welche die Richtung des Windes während 24 Stunden zeigt.

Digitized by Google

Schwankungen des Windes.

Bevor wir diesen Theil unserer Aufgabe verlassen, wollen wir uns noch mit den Schwankungen des Windes beschäftigen. Durch die Hinweisung auf die veränderliche Breite der Curve für die Windrichtung auf dem „Anemogramm" ist es klar, dass der Wind innerhalb gewisser Grenzen schwankt. Würde man statt der Windmühlflügel eine gewöhnliche Windfahne angewendet haben, so würden die Schwankungen aller Wahrscheinlichkeit nach viel grösser ausgefallen sein, vielleicht so gross, dass sie die Deutung der Zeichnung erschwert hätten. Man kann sich diese Eigenschaft einer gewöhnlichen Windfahne leicht erklären. Ein momentaner Windstoss kommt aus einer Richtung, welche etwas verschieden ist von jener, welche die Windfahne anzeigt und gibt derselben einen Impuls, welcher dieselbe über ihren wahren Ruhepunct hinaustreibt. Man kann diesem Uebelstande auf doppelte Weise abhelfen; entweder indem man an irgend einem Theile des Apparates ein widerstehendes Mittel anbringt, welches die Windfahne nicht hindert, ihre wahre Ruhelage anzunehmen, aber ihr Moment oder ihre Schwungkraft hinreichend schnell aufhebt, oder indem man wie bei den oben beschriebenen Instrumenten Windmühlflügel verwendet. Die einzige Einwendung, welche gegen die Windmühlflügel gemacht werden kann, ist diese, dass, um eine solche Windfahne zu bewegen, ein gewisser, wenn auch geringer, Betrag von Reibung überwunden werden muss, so dass es möglich ist, dass die schliessliche Lage der Pfeilspitze die Richtung des Windes nicht genau angibt, sondern sich derselben blos so weit nähert, dass die Kraft, welche die Fahne zu bewegen sucht, die Reibung nicht mehr überwinden kann. Ohne Zweifel ist diese Einwendung begründet, indessen kann durch eine zweckmässige Einrichtung die Reibung zum grossen Theile vermindert werden, wenn dieselbe auch nicht so gering gemacht werden kann, wie bei einer gewöhnlichen Windfahne.

Man kann jedoch annehmen, dass diese Reibung zu gering sein wird, als dass die Genauigkeit des Apparates in Beziehung auf die Angabe der Windrichtung in irgend merklicher Weise leiden sollte. Anders würde sich jedoch die Sache verhalten, wenn wir den Betrag der Schwankung des Windes bestimmen wollten. Dr. Robinson ist der Ansicht, dass es die natürliche Eigenschaft gewisser Winde ist, beträchtlich zu schwanken, im Vergleich mit andern Winden von derselben Geschwindigkeit. Wenn wir aber diese Schwankungen der Windrichtung

Digitized by Google

messen wollen, so begegnen wir grossen Schwierigkeiten. Die Schwierigkeit besteht nicht in dem Grade, wenn man zwei Winde von derselben oder nahezu derselben Geschwindigkeit vergleicht, dagegen macht sie sich sehr bedeutend fühlbar, wenn man einen sehr starken und einen sehr schwachen Wind mit einander vergleicht und für jeden den wahren Betrag der Schwankung bestimmen will. Es ist zweifelhaft, ob unsere gegenwärtigen Hilfsmittel an Apparaten uns in den Stand setzen würden, diese Erscheinung mit vollkommener Genauigkeit zu registriren, ausser wenn wir einen sehr complicirten Apparat eigens für diesen Zweck construiren würden.

Reibungs-Coefficient.

Wir haben nur noch einige Bemerkungen über den Einfluss der Reibung auf die Angaben der Windes-Geschwindigkeit zu machen. Dr. Robinson hat in der oben angeführten Abhandlung gezeigt, wie man, sobald das kleinste Gewicht oder der kleinste Druck bekannt ist, welcher in horizontalem Sinne an der Mitte einer der Halbkugeln eines speciellen Instrumentes während einer Windstille angebracht, eben im Stande ist, dasselbe in Bewegung zu setzen, sofort angeben kann, in wie weit die Reibung wirksam ist, indem sie die Geschwindigkeit des Windes in irgend einer der von dem Instrumente gelieferten Aufzeichnungen scheinbar vermindert, und derselbe hat die Güte gehabt, die Correctionen wegen der Reibung für das Instrument zu Kew zu berechnen. Diese Correctionen haben folgende Werthe:

Scheinbare Geschwindigkeit. Meilen in der Stunde	Correction (zu addiren zur scheinbaren Geschwindigkeit)	Scheinbare Geschwindigkeit. Meilen in der Stunde	Correction (zu addiren zur scheinbaren Geschwindigkeit)	Scheinbare Geschwindigkeit. Meilen in der Stunde	Correction (zu addiren zur scheinbaren Geschwindigkeit)
eben sich bewegend	1·55	4	0·43	17	0·11
0·1	1·48	5	0·36	18	0·10
0·2	1·42	6	0·30	19	0·10
0·3	1·37	7	0·26	20	0·09
0·4	1·31	8	0·23	21	0·09
0.5	1·26	9	0·20	22—24	0·08
0·6	1·21	10	0·18	25—28	0·07
0·7	1·16	11	0·16	29—33	0·06
0·8	1·12	12	0·15	34—41	0·05
0·9	1·07	13	0·14	42—50	0·04
1·0	1·03	14	0·13	51—64	0·03
2.0	0·99 ?	15	0·12	65—100	0·02
3·0	0·54	16	0·11		

Digitized by Google

Nach dieser Tafel ist es klar, dass die Reibung vorzüglich bei kleinen Geschwindigkeiten von Einfluss ist und dass dieselbe bei grösseren Geschwindigkeiten vernachlässigt werden kann.

Auch scheint es nach einigen zu Kew angestellten Versuchen, dass der wahre Reibungs-Coefficient eines neuen Instrumentes nicht genau bestimmt werden kann, denn zuerst ist die Reibung viel stärker als schliesslich, wenn der Apparat durch einige Zeit in Thätigkeit war. Das zu Kew befindliche Instrument wurde in der Werkstätte, in welcher dasselbe gefertigt worden war, künstlich einen oder zwei Tage lang in Bewegung gesetzt, so dass man vielleicht in diesem Falle die wahre Reibung bestimmt hat; bei andern Instrumenten hat jedoch dieser vorläufige Versuch nicht stattgefunden und ihre Correctionen bezüglich der Reibung sind noch nicht ermittelt worden; andererseits ist es nicht ohne beträchtliche Mühe möglich, die Correction eines bereits aufgestellten Apparates zu bestimmen.

Druck des Windes.

Wir können annehmen, dass das soeben beschriebene Instrument mit genügender Genauigkeit sowohl die Windrichtung für irgend einen Zeitpunct, als den Weg, den der Wind von Stunde zu Stunde zurücklegt, angibt. Dasselbe gibt jedoch nicht den Druck, welchen der Wind auf eine demselben gerade gegenüberstehende Platte — beispielsweise von einem Quadratfuss Fläche — ausübt. Ohne Zweifel kann der mittlere Druck des Windes während einer Stunde aus der durchschnittlichen Geschwindigkeit für dieselbe Stunde mittelst einer geeigneten Formel abgeleitet werden, es ist aber sehr wahrscheinlich, dass es bei starken Stürmen plötzliche Windstösse gibt, die vielleicht nur eine oder zwei Minuten oder auch kürzere Zeit anhalten und trotz ihrer furchtbaren Heftigkeit so rasch vorübergehen, dass sie die mittlere stündliche Geschwindigkeit nicht merklich afficiren. Diese momentanen Stösse sind bei dem beschriebenen Anemometer kaum wahrnehmbar, indem die Winddruck-Platte die geeignete Vorrichtung zu ihrer Registrirung ist. Solche Windstösse verdienen als lokale Erscheinungen, welche beträchtlichen Schaden an dem Orte ihres Auftretens anrichten können, untersucht zu werden, allein ihre Bedeutung, insoferne sie uns zur Kenntniss allgemeinerer meteorologischer Gesetze verhelfen sollten, ist wahrscheinlich eine sehr untergeordnete. Der Weg, den der Wind von Stunde zu Stunde zurücklegt, wird allgemein als ein

Digitized by Google

Resultat von grösserer Bedeutung anerkannt, allein dieses kann man nicht leicht von einem unmittelbar den Winddruck angebenden Instrumente erhalten. In der That dient ein solches Winddruck-Anemometer ausserordentlich gut dazu, die Kraft momentaner Windstösse zu bestimmen, allein für die Angabe der Windgeschwindigkeit leistet es sehr schlechte Dienste, während andererseits das Anemometer mit den halbkugelförmigen Schalen die Geschwindigkeit mit grosser Genauigkeit angibt, aber uns nicht in den Stand setzt, die Kraft momentaner Windstösse zu bestimmen. Da der meteorologischen Commission die Windgeschwindigkeit ein Punct von viel grösserer Bedeutung zu sein schien, als das Registriren des momentanen Winddruckes, so hat sich dieselbe für Dr. Robinson's Anemometer entschieden[1]).

---

1) Der Originaltext enthält noch als Beispiel eine Tabelle der Geschwindigkeit und Richtung des Windes von Stunde zu Stunde vom 7. März 1867 1 Uhr Morgens (mittl. Greenw. Zeit) bis zum 8. März um 10 Uhr Morgens (denselben Tag, auf welchen sich die Curven der Tafel X beziehen). Zu bemerken ist nur, dass bei den einzelnen Stunden als Windgeschwindigkeit die Zahl der Meilen eingetragen ist, welche der Wind in der Zeit von einer halben Stunde vor bis zu einer halben Stunde nach der bezeichneten Stunde zurückgelegt hat.

Aus den Curven der selbstregistrirenden Instrumente (Tafel IX) ist ersichtlich, dass ungefähr um 5 Uhr 30 Minuten Morgens am 7. März ein plötzliches Sinken sowohl der Temperatur der Luft als jener der Verdunstung eintrat. Ebenso sieht man, dass das Barometer, welches bis zu diesem Augenblicke rasch gesunken war, von da an sehr rasch zu steigen beginnt (Tafel IX). Die Windesrichtung änderte sich zur selben Zeit von einer südwestlichen in eine nordwestliche, während die Windgeschwindigkeit, nachdem die Aenderung stattgefunden hatte, geringer war als beiläufig eine Stunde zuvor (Tafel X). Solche plötzliche und eigenthümliche Witterungs-Aenderungen sind von Airy und Andern als ein häufiges Vorkommniss bei plötzlichen Aenderungen der Windesrichtung beobachtet worden.

Digitized by Google

Das registrirende Thermometer des Stuttgarter Polytechnikums.

Von

Prof. Dr. Zech.

(Hiezu Tafel V und VI.)

Seit October 1867 ist in der Ecke des Polytechnikums gegen Alleenstrasse und Alleenplatz ein registrirendes Thermometer nach Lamont aufgestellt. Die Temperatur wird bei demselben durch die Ausdehnung einer Zinkröhre gemessen, die vertical aufgehängt ist, so dass bei Temperaturänderungen das untere Ende sich senkt oder hebt. Die Röhre ist beiläufig $1^1/_2$ Meter lang, wird also bei einer Temperaturerhöhung von 20^0 etwa um 1 Millimeter länger. Die gar zu kleine Bewegung des untern Endes wird deswegen durch doppelte Hebelübersetzung an eine Spitze übertragen, die ungefähr den zwanzigfachen Weg zurücklegt, bei jedem Grad Reaumur erhöhter oder erniedrigter Temperatur um $1^1/_{10}$ Millimeter sich hebt oder senkt. Diese Spitze notirt also die Temperatur gerade so, wie die obere Kuppe des Quecksilbers im Thermometer.

Soll nun die Temperatur alle Stunden registrirt werden, so hat man dafür zu sorgen, dass die Lage jener Spitze für jede Stunde notirt wird. Dies geschieht folgendermassen: alle volle Stunden trifft der Minutenzeiger einer Uhr eine kleine Quecksilberkuppe und schliesst dadurch einen galvanischen Strom von sechs Meidinger'schen Elementen, deren einer Pol mit dem Uhrwerk, der andere mit der Quecksilberkuppe leitend verbunden ist. Durch den geschlossenen Strom wird ein Electromagnet erregt, welcher seinen Anker anzieht und dabei jene Spitze gegen einen mit Tuch und darüber mit Postpapier überzogenen Cylinder drückt. Nach kurzer Zeit hört der Strom auf, wenn der Minutenzeiger die Quecksilberkuppe wieder verlassen hat, der Electromagnet verliert seinen Magnetismus, der Anker wird durch

Digitized by Google

eine Feder zurückgezogen, die Spitze verlässt das Papier und der Cylinder, der ein gezahntes Rad trägt, wird durch einen mit dem Anker verbundenen Haken um einen kleinen Theil seines Umfangs vorwärts gedreht, so dass die Spitze nach einer Stunde auf einer andern verticalen Linie, aber nahe der ersten, seine Marke macht.

Nimmt man den Papierstreifen ab, so hat man eine Reihe von Puncten, deren Abstand vom untern Rand des Papieres die Temperatur gibt, und von denen jeder einer bestimmten Stunde entspricht: man kennt also die Temperatur jeder Stunde. Nöthig ist nur noch, dass man wie bei jedem Thermometer zwei feste Puncte oder einen festen Punct und die Grösse der Grade bestimmt. Dies geschah durch eine Reihe von Versuchen in den letzten Monaten des Jahres 1867, es wurde die Grösse eines Grades Reaumur zu $1^1/_{10}$ Millimeter bestimmt und der Nullpunct am Cylinder so markirt, dass er sich leicht auf den Papierstreifen übertragen lässt.

Bei der angenommenen Grösse des Cylinders muss alle acht Tage ein neuer Papierstreifen aufgeklebt werden. Der alte wird auf einen mit Linien im Abstand von $1^1/_{10}$ Millimeter versehenen Bogen Papier so aufgelegt, dass seine Nulllinie mit einer angenommenen des Bogens übereinstimmt und dann die einzelnen Marken vermittelst Durchstechens mit einer Nadel übergetragen, dann der folgende Streifen angereiht u. s. w. Eine Abzeichnung dieser Tafel in etwas kleinerem, dem Format des Repertoriums angepassten Massstab enthält die Tafel V und VI. Es sind hier nicht einzelne Puncte notirt, sondern die Curven gezogen, welche diese einzelnen Puncte verbinden, die Mitternacht ist durch einen starken, der Mittag durch einen schwächeren Strich fixirt, die Temperatur jeder Stunde ergibt sich, wenn man den Raum zwischen zwei aufeinanderfolgenden Strichen in 12 Theile sich getheilt denkt und den der betreffenden Stunde entsprechenden Theilstrich von der Nulllinie bis zur Curve abmisst.

Man sieht auf den ersten Blick, wie verschieden der Gang der Temperatur im Laufe des Jahres sich gestaltet, wie jedem Tage wieder ein anderer Wechsel der Temperatur, eine andere Curve entspricht. Den Zusammenhang der Form der Curve mit dem Wechsel der Witterung kennen zu lernen, ist uns hier die Hauptsache.

Bei vollkommen klarem Himmel steigt die Temperatur von Sonnenaufgang bis eine oder einige Stunden nach Mittag, fällt dann wieder zuerst rascher, dann langsamer bis etwa eine Stunde oder halbe

Digitized by Google

Stunde vor Sonnenaufgang. Die diesem Gang der Temperatur entsprechenden Curven sind in ihrer Regelmässigkeit so charakteristisch, dass ein Blick auf die Tafeln genügt, um die ganz heiteren Tage herauszufinden. Die schönste fortlaufende Reihe solcher ganz klarer Tage und Nächte findet sich vom 3. bis 12. September, wie die meteorologischen Aufzeichnungen des Beobachtungsorts Stuttgart zeigen, bei Nord-, Nordost- und Ostwinden. Im eigentlichen Sommer ist diese Regelmässigkeit viel seltener, weil in Folge der grössern Feuchtigkeit viel leichter Wolken sich bilden, die nicht selten um Mittag den ganzen Himmel überziehen oder zu Gewittern Anlass geben. Einzelne Tage gibt es immerhin, welche so regelmässige Curven zeigen, wie die erste Woche des September, z. B. 15., 19., 20. Juni, 21., 22., 25. Juli, und die meteorologischen Aufzeichnungen notiren an ihnen regelmässig vollkommene Klarheit, aber es sind eben nur einzelne. Die Störungen überwiegen im Sommer.

Sowie der Himmel sich bewölkt, so wird bei steigender Temperatur das Steigen schwächer oder geht sogar in Fallen über: auffallender wird diese Störung des regelmässigen Verlaufs, wenn die Bewölkung bis zum Regen sich steigert, am auffallendsten, wenn ein Gewitter eintritt. Die grössten Unregelmässigkeiten zeigen die Curven vom 10. Mai, 14. und 23. Juli Nachmittags, 3. Juni Vor- und Nachmittags: in allen diesen Fällen fanden Gewitter statt mit bald nachfolgender Wiederaufhellung. Sehr häufig sind kleine Zacken an den Scheiteln der Temperaturcurven, von Mitte März bis Ende August an mehr als 80 Tagen, also im Durchschnitt jeden zweiten Tag. Bei ganz klarem Himmel hebt sich Morgens die Sonne, die Verdampfung an der Erdoberfläche nimmt zu, der Wasserdampf steigt vermöge seines kleinen specifischen Gewichts in die Höhe und gelangt in Luftschichten, welche in Folge der leichten Durchstrahlbarkeit der Atmosphäre noch nicht erwärmt genug sind, um den Dampf als Gas zu behalten: es bilden sich einzelne cumuli, sie nehmen an Zahl und Grösse zu. Wird die Bewölkung stark genug, so sinkt in der Nähe des Mittags die Temperatur, insbesondere natürlich wenn Regen eintritt, und da, nach der Zeit der grössten Hitze an ganz heitern Tagen, die Aufhellung wieder beginnt, die Bewölkung abnimmt, so tritt wieder auf kurze Zeit eine Erhöhung der Temperatur ein. Das ist der Gang der im Sommer so häufig zu beobachtenden Erscheinung, es ist ein schwaches Abbild der Witterung unter den Tropen, wo gegen Mittag

Digitized by Google

ein Gewitter sich entladet, Morgen und Abend heiter sind: dort müssen die Temperaturcurven in der nassen Jahreszeit den eben besprochenen ähnlich sein, nur mit viel stärkern Einbiegungen.

Tage mit häufig wechselndem Sonnenschein und Regen (Aprilenwetter) müssen die unregelmässigsten Curven geben: am schönsten zeigt sich diess in der ersten Woche des Juli, ausserdem vielfach an einzelnen Tagen, selbst ohne dass Regen eintritt, der blose Kampf kalter und warmer Winde kann auch ohne Niederschlag fortgehende Schwankungen in der Temperatur veranlassen.

Eine ganz gleichmässige Bedeckung des Himmels, sei es bei Nebel, sei es bei anhaltendem Regen (Landregen), charakterisirt sich durch ganz abgeflachte Curven, da die Einwirkung der Strahlung aufhört, besonders deutlich vom 7.—12. November, weniger ausgesprochen 7.—11. Januar, weil da die Wolkendecke weniger dicht war. Solche trübe Perioden der Witterung sind den gewöhnlichen Menschen die unbehaglichsten, sie machen das Gefühl der langen Weile, wie alles Abgeflachte, Gleichbleibende. Wie der Genuss des Sommers durch die Abwechslung mit dem Winter erhöht wird, so verlangen wir auch in der kleineren Periode des Tages Wechsel in Wärme und Licht.

Noch ist zu bemerken, dass bei unserem Thermograph die Minima abgeschwächt sind; nach den meteorologischen Aufzeichnungen von hier ist 12 Grad unter Null am 2. Januar die niederste Temperatur des Jahres 1868 gewesen, unsere Tafel gibt nur 8 Grad für dieses Minimum. Es ist eine Thatsache, über welche man sich gewöhnlich alle Winter wieder wundert, wenn mehrere Beobachter ihre meteorologischen Beobachtungen zusammentragen, dass niedrige Temperaturen von den Thermometern sehr verschieden angegeben werden. Man kann, glaube ich, ohne die Mechaniker anzuklagen, dass sie schlechte Thermometer verkaufen — obgleich ich jedermann rathen möchte, wenigstens einmal im Winter sein Thermometer in schmelzenden Schnee einzusenken — man kann für jene Thatsache zwei Ursachen anführen, die aber schliesslich auf dasselbe physikalische Gesetz der Ausstrahlung hinauskommen. Die niedrigsten Temperaturen treffen immer bei klarem Himmel und ruhiger Luft ein, zwei Umstände, welche die Erkaltung durch Ausstrahlung bedeutend begünstigen, wie sie ja auch zu jeder reichlichen Thaubildung nothwendig sind. Die Erkaltung eines Körpers durch Ausstrahlung hängt aber von zwei Dingen ab, erstens von seiner Oberflächenbeschaffenheit und Wärme-

Digitized by Google

leitungsfähigkeit, zweitens von der Weite der Himmelsaussicht, die der Körper hat. Dass sich Körper unter die Temperatur der umgebenden Luft abkühlen können, ist durch die Versuche von Wells über den Thau festgestellt, es ist das aber nur möglich bei Körpern, welche die Wärme schlecht leiten. Metalle werden nicht bethaut, Glas wird bethaut; das Anlaufen der Fensterscheiben zeigt uns, dass Glas sehr leicht eine Temperatur lange behalten kann, welche niedriger ist, als die Luft der nächsten Umgebung. Bei einem Quecksilberthermometer muss zunächst die Glaskugel und dann das in ihr enthaltene Quecksilber erwärmt oder abgekühlt werden, bis es steigt oder fällt. Sind die Umstände der Ausstrahlung günstig, so kann das Glas sich unter die Temperatur der umgebenden Luft abkühlen, es können sich verschiedene Glassorten vorschieden abkühlen, es können also auch unter solchen Umständen verschiedene Thermometer ziemlich verschiedene Resultate zeigen. Das Metall als guter Leiter kann durch Ausstrahlung nicht kälter werden als die umgebende Luft, es wird also nie so niedrige Temperaturen geben, wie das Quecksilberthermometer. Vergleicht man unsere Tafel mit den meteorologischen Aufzeichnungen, so ist der Unterschied der Minima in den Wintermonaten am grössten: 3 bis 4 Grade, fällt dagegen in den Sommermonaten ganz weg, und ist im Frühjahr und Herbste beiläufig ein Grad. Jedoch muss ich gestehen, dass mir diese Unterschiede zu gross erscheinen, um sie allein durch das verschiedene Verhalten von Glas und Metall bei der Ausstrahlung erklären zu können. Ein Theil fällt sicherlich auf die zweite Ursache, die Verschiedenheit der Weite der Himmelsaussicht. In einer engen Strasse, unter einem Baum, überhaupt überall, wo die Aussicht beschränkt ist, fällt kein oder nur wenig Thau; die nächtliche Abkühlung durch Ausstrahlung ist dem Himmelstheil proportional, welcher vom Beobachtungsort übersehen wird. Daher kommt es nun, dass sehr niedrige Temperaturen nie gleichmässig verbreitet sind, am wenigsten in einer Stadt: nicht selten ist auf einem freien Platz das Erdreich gefroren, in den Strassen nicht. Dazu kommt, dass wir die Kälte vielfach bekämpfen, während wir uns die Wärme des Sommers ohne Gegenmaassregeln gefallen lassen. Die grosse Menge Brennmaterial, welche in einer Stadt zum Heizen gebraucht wird, wird einmal direkt auf die Temperatur wirken, weil durch die Schornsteine ein grosser Theil der Wärme entweicht, und indirekt, weil die bewohnten Räume dadurch wärmer unterhalten werden, als ihre Umgebung. Die

Digitized by Google

Temperatur muss daher local sehr verschieden sein, d. h. ein und dasselbe Thermometer gibt an verschiedenen Orten verschiedene Resultate.

Was endlich die höchsten Thermometerstände betrifft, so sind dies nach der Tafel V und VI Grad am 11. und 16. August, die meteorologischen Aufzeichnungen von hier gaben 27 Grad am 11. August, $27^1/_2$ am 16. August als Maxima. Die Zahl der Sommertage ist nach jenen Aufzeichnungen 92, unsere Tafel gibt nur 89. Also auch die höchsten Temperaturen sind etwas kleiner bei den Thermographen, aber ganz unbedeutend und wohl nur in Folge des verschiedenen Aufstellungsorts.

Die grösste Rolle bei Bildung der Temperaturcurven spielt die Windrichtung. Von ihr hängt ja überhaupt die Witterung bei uns ab. So lange Winde zwischen Nord und Ost wehen, ist der Himmel im Allgemeinen klar, wehen Winde zwischen Süd und West, so ist der Himmel bedeckt. Polarwinde geben also regelmässig auf- und absteigende Curven, Aequatorialwinde geben abgeflachte Curven, zackige, unregelmässige Curven entsprechen dem Uebergang des einen Stroms in den andern, dem Kampfe beider. Eine Zusammenstellung der Resultate der hiesigen meteorologischen Beobachtungen mit den Curven unserer Tabelle beweist die Richtigkeit der oben aufgestellten Sätze. Nach den ersten Tagen des Januar, wo bei Polarwinden ein Minimum der Temperatur eintrat, blieb auch unten noch die nördliche Windströmung, dagegen war der Wolkenzug westlich und die Witterung blieb nebelig mit flachen Curven bis zum 13., wo die Aequatorialströmung die Polarströmung ganz verdrängt. Ausser eines kleinen Rückfalles vom 24. auf 25. blieb nun die Aequatorialströmung, freilich theilweise — 1. bis 8. Februar — mit schwacher Bewölkung und deshalb ziemlich regelmässigen Curven — bis 16. Febr. Von da an 16.—20. Nordstrom, 21.—27. Süd- und dann wieder Nordstrom. Der März beginnt wieder mit Westwinden, die vom 13. an der Nordströmung weichen. Nach mehrfachen Schwankungen, wobei der Wolkenzug gegen den untern Wind geht, kommt Anfangs April wieder deutlich ausgesprochen der Nordstrom bis zum Anfang der Osterwoche. Das rasche Steigen der Frühlingstemperatur lässt die ersten Gewitter entstehen, am 8. April zogen längs der Alp mehrere Gewitter hin, die Temperaturcurve zeigt nur eine schwache Einbiegung nach Mittag; am Gründonnerstag den 9. trat eine empfindliche Temperaturerniedrigung ein — das Thermometer fällt um 6 Grad in

Digitized by Google

einer Stunde nach Mittag — und am Ostersonntag lag Schnee. Im ganzen übrigen Monat hebt sich wieder langsam bei wechselnden Winden die Temperatur, und nun beginnt der Mai mit ganz ausgesprochenem Nordstrom, der beinahe den ganzen Monat fortdauert, in der Mitte mit der regelmässigen Erniedrigung der Temperatur in der Nähe von Pankratius, am Schlusse mit der aussergewöhnlichen Hitze bis 25 Grad. In der ersten Hälfte des Juni beginnt wieder der Kampf der südlichen und nördlichen Strömung, Gewitter und Regen kühlen die Temperatur ab, bis schliesslich mit der einzigen Unterbrechung am 24. die Polarströmung wieder für den ganzen Monat die Oberhand behält.

Auch im Juli und August überwiegen entschieden die nördlichen und östlichen Winde, beinahe im Verhältniss von 2 zu 1; daher die intensive Hitze am Ende des Juli und Anfang des August, zwanzig Sommertage hinter einander, kurz darauf wieder zehn und fünf, unter 40 Tagen 35 Sommertage. Mit Ende August schien eine entschiedene Abkühlung einzutreten, aber der ausserordentliche Sommer machte noch eine, die letzte Anstrengung im September; die schönste Folge von 11 Sommertagen mit den regelmässigsten Curven bei vollkommener Klarheit, eine grosse Seltenheit unseres Klima, schloss mit dem 12. September den eigentlichen Sommer. Von jetzt neigt sich das Wetter immer mehr zum Regnerischen, unbeständige Witterung gegen Ende September trat ein, der 29. als Volksfesttag war der letzte Sommertag, und nun beginnt der October mit regnerischem, unbeständigem Nebelwetter, das mit grösseren und kleineren Unterbrechungen einfallenden Nordstromes (10. bis 13., dann 16. bis 19., ferner 22. und 23. October, 2. November) bis über die Mitte November sich erstreckt, besonders vom 7. bis 12. November, wo die dicke Wolkendecke viel Schnee fallen lässt. Auch in diesen zwei Monaten sind nördliche Winde nahezu ebenso häufig als südliche, aber vielfach mit entgegengesetztem Wolkenzug in der Höhe. Nur am 11. und 23. October, 2. November ist der Himmel zeitweise ganz klar, und dann am 17. und 18. November beinahe den ganzen Tag. Die entsprechenden Curven zeichnen sich auch hier durch ihre Regelmässigkeit aus, freilich viel weniger als im Sommer, weil die Einwirkung der zu niedrig stehenden Sonne gar zu sehr abgenommen hat.

Was endlich den Monat December betrifft, so zeichnet er sich durch milde Temperatur aus, kein einziger Tag hat eine Temperatur

Digitized by Google

unter Null, der Verlauf der Temperaturcurven ist sehr unregelmässig (12., 15., 21., 22.), zu vergleichen den Curven in der Mitte des Januar, oder einzelnen im Sommer, wenn in Folge des Kampfes verschiedener Winde oder des Eintrittes von Gewittern plötzliche Temperaturänderungen vorkommen. Ausser diesen immer von Zeit zu Zeit auftretenden Schwankungen im Laufe des Tages zeigt aber der December auch eine völlige Umkehrung des allgemeinen Gesetzes, dass die Temperatur von Sonnenaufgang an zunimmt, einige Stunden nach Mittag abnimmt. Der December hat zwei solche Beispiele: am 15. steigt die Temperatur von Morgens 4 Uhr bis Abends 9 Uhr, im Ganzen etwa um 7 Grad bei starkem Südwind und bedecktem Himmel. Es ist der Föhn, der im Winter solche Erscheinungen hervorbringt, die Erwärmung der Luft überwiegt bedeutend die nach Mittag bei sinkender Sonne abnehmende Wärme. Im Sommer ist diese Umkehrung durch den Föhn nicht möglich, weil bei hohem Sonnenstand die Wirkung der Sonne überwiegt. Uebrigens ist auch der Föhn im Sommer verhältnissmässig selten. Eine zweite Umkehrung tritt am 21. und 22. December ein: die Temperatur steigt von Morgens 7 Uhr am 21. mit ganz schwachem Rückschlag nach Mittag bis nach Mittag des 22. Nirgends sonst im ganzen Jahr zeigt sich eine mehr als 24 Stunden über eine Nacht hin fortdauernde Zunahme der Temperatur, von einem Mittag zum andern um etwa 7 Grad. Der starke Südwind des 15., Ausläufer eines Föhn, hatte am 16. und 17. Regen gebracht. In der Nacht zum 18. hellte sich der Himmel auf, der 19. ist wieder regnerisch, der 20. hell und am Morgen des 21. war dichter Nebel in Folge der raschen Abkühlung bei hellem Himmel nach dem Regen. Nun tritt heftiger Südwind ein, der den Nebel verjagt, bei heiterem Himmel und Südwind steigt die Temperatur 28 Stunden lang, wohl abermals Wirkung eines Föhns. Das ausserordentliche Jahr schloss dann noch mit zwei ausserordentlich niedrigen Barometerständen, neun Linien unter dem Mittel, bei heftigem Sturm, am 24. und am 27., am 24. mit Donner und Blitz. Von diesen Erscheinungen deuten unsere Temperaturcurven gar nichts an, höchstens ist auffallend, dass am Abend des 27. die Temperatur wieder bis zu der des Mittags sich erhebt und dass am 24. erst Abends 5 Uhr — zur Zeit des Gewitters — die höchste Temperatur erreicht wird. Die Zeit wird lehren, ob jene grossen Barometerschwankungen mit einem Sturm zusammenhingen, der von den Tropenzonen aus über die gemässigte

Digitized by Google

sich verbreitete. Stuttgart müsste dann am 24., wo der niederste Barometerstand war, nahe in der Axe des Sturmes gelegen sein..

Der eigenthümliche Witterungscharakter des Jahres 1868 liegt darin, dass im Sommer ganz entschieden der Polarstrom vorherrscht, in den Wintermonaten dagegen der Aequatorialstrom. Wenn auch im Januar ganz Anfangs und dann noch am 25. niedere Temperaturen eintreten, ebenso im November am 16., 20. und 21., so gibt es doch im ganzen Jahr nur 22 Tage, an denen das Thermometer unter Null sinkt, gegenüber den 90 Sommertagen, wo es über 20 Grad steigt. Im März schon beginnt das Vorherrschen des Polarstroms, im Mai erhält er das vollständige Uebergewicht, das bis Mitte September anhält, also gerade während der Mitte des Jahres, sechs Monate lang. In diese Zeit fallen die steilen Curven mit den bedeutenden Extremen, Temperaturänderungen bis zu 14 Grad im Laufe des Tages. Die bei der Aequatorialströmung beinahe beständig trüben Wintertage des Januar und Februar, November und December zeigen nur selten im Laufe des Tages Temperaturänderungen, welche bis 8 Grade steigen, dagegen eine Reihe von Tagen, wo diese Aenderung nur 2 bis 3 Grade beträgt. Klare, heisse, schöne Sommertage mit verhältnissmässig kühler Nacht und trübe, warme, schmutzige Wintertage: das ist es, was das vergangene Jahr uns in Fülle gebracht hat.

Aus dem Bisherigen wird wohl hervorgehen, wie die registrirenden Thermometer über eine ganze Reihe von Einzelnheiten der Witterungsgeschichte Auskunft geben, wie sie dies auf eine ungemein anschauliche, sogleich in die Augen fallende Weise thun. Es wäre darum wohl zu wünschen, dass registrirende Thermometer, registrirende Instrumente überhaupt, häufiger als bisher aufgestellt würden, doch tritt dem vor Allem die Kostspieligkeit der Apparate entgegen: der Thermograph des Polytechnikums kam auf etwa 100 Gulden, man bedarf einer Uhr, einer galvanischen Batterie, eines Electromagnets nebst Einrichtung zur fortwährenden Bewegung des Cylinders, und dann noch der Zinkröhre mit Hebelübersetzung. Ich bin jedoch überzeugt, dass sich registrirende Instrumente viel einfacher herstellen lassen und bin im Begriff, einen möglichst einfachen Apparat zu construiren. Ich gehe dabei von der Betrachtung aus, dass jede Uhr mit Schlagwerk alle Bewegungen enthält, die für diesen Zweck nöthig sind; ich vereinfache das Schlagwerk in der Art, dass nur alle Stunden ein Schlag ausgeführt wird: die dabei stattfindende Bewegung

Digitized by Google

des Hebels, welcher das Schlagwerk auslöst, kann benützt werden, um eine Spitze gegen einen Cylinder anzudrücken, der durch das Uhrwerk selbst, vielleicht noch durch ein weiteres Rad eine gleichmässige Drehung erhält, Dadurch wird die galvanische Batterie und der Electromagnet überflüssig. Eine Schwarzwälder Uhr, eine Zinkröhre und zwei Hebel würden genügen, und damit die Herstellungskosten bedeutend verringert. Ich hoffe in Bälde über diese Combination Näheres mittheilen zu können.

Digitized by Google

Ueber Wagen und Wägen.

Von

Prof. Zech.

In dem chemischen Handwörterbuch, Artikel Wage, hat Holtzmann gesagt: „Aus der Formel für den Ausschlag hat man vielfältig geschlossen, man müsse für eine empfindliche Wage einen langen Wagbalken nehmen. Dies ist aber falsch, da bei gleicher Tragfähigkeit das Gewicht des Balkens schneller wächst als die Länge des Balkens. Man hat also im Gegentheil die Wagbalken so kurz zu nehmen, als dies das Volum der zu wägenden Körper erlaubt. Eine solche kurzarmige und leichte Wage wird empfindlicher sein und ein schnelleres Wägen gestatten.“ Der Mechaniker Paul Bunge in Hamburg (siehe das Repertorium Band 3, pag. 269) hat zuerst solche Wagen construirt, ich beeilte mich, eine solche mit einer Tragkraft bis zu einem Kilogramm anzuschaffen, und habe nun eine Reihe von Versuchen mit derselben angestellt, die im Zusammenhang mit einigen andern Dingen wohl der Veröffentlichung werth sind.

Ein sogleich in die Augen springender Vortheil dieser Wage ist die Raschheit der Schwingungen und die ungemein regelmässige Abnahme der Schwingungsweiten. Aus einer grossen Zahl Beobachtungen nehme ich zufällig folgende Reihe heraus:

−2,2 +5,7 −1,8 +5,2 −1,5 +4,7 −1,1 +4,4 −0,9 +4,1
−0,5 +3,8

Berechnet man aus je drei aufeinanderfolgenden äussersten Stellungen nach der von Gauss für alle abnehmenden Schwingungen aufgestellten Regel die Ruhelage, indem man den vierten Theil der Summe des ersten und dritten und des doppelten zweiten Stands nimmt (die einfachste Ableitnng dieser Regel siehe bei Holtzmann in dem oben angeführten Artikel), so findet man der Reihe nach:

+ 1,85 + 1,83 + 1,78 + 1,73 + 1,80 + 1,73 + 1,70 + 1,68
+ 1,70 + 1,73

Digitized by Google

so dass der mittlere Fehler kleiner ist, als der unmittelbare Fehler der Beobachtung. Noch bei keiner Wage, die mir in die Hände kam, habe ich eine solche Uebereinstimmung der aus einer grössern Zahl von äussersten Stellungen abgeleiteten Ruhelagen gefunden. Eine Vergleichung mit Wagen, die mir nicht zur Hand sind, kann ich nicht anstellen, da ich noch nirgends eine genügende Definition der Güte einer bestimmten Wage gelesen habe. Die obige Reihe gibt die Sicherheit, mit der man die Ruhelage bestimmen kann, und man sollte stets, wenn man eine Wage in Beziehung auf ihre Leistungsfähigkeit beschreiben will, vor Allem eine oder mehrere solcher Reihen, oder auch den mittlern Fehler der bestimmten Ruhelage angeben.

Das obige für die Bunge'sche Wage so günstige Resultat schreibe ich nicht allein der Güte der Schneide, um die sich der Wagbalken dreht, und ihrer Unterlage zu, sondern hauptsächlich der Art der Construction der Wage, womit rasche Schwingungen verbunden sind. Keine Schneide ist eine mathematische Kante, alle sind abgerundet, sie rollen auf der Unterlage: wenn aber dies der Fall ist, so werden kleine Hindernisse bei rascher Bewegung leichter überwunden. Bei langsam schwingenden Wagbalken sieht man sehr häufig, wie die langsam abnehmende Bewegung plötzlich erlischt, ein Stäubchen kann den Balken aufhalten, ehe die richtige Ruhelage erreicht ist, weil die lebendige Kraft des Balkens nicht mehr gross genug ist, um die Schneide über das Stäubchen hinüberzuführen.

Aus dieser Betrachtung geht auch hervor, dass die Bestimmung der Ruhelage durch Rechnung aus äussersten Stellungen des Zeigers entschieden ein besseres Resultat geben wird, als die wirkliche Beobachtung der Ruhelage, indem man abwartet, bis der Zeiger stille steht. Es gibt zwei Methoden, bei genauer Abwägung zu verfahren, um noch Bruchtheile eines Milligramms bestimmen zu können, die sich als Einzelgewichte nicht genau genug mehr anfertigen lassen. Die eine ist die Methode des Ausschlags, die in dem mehrfach erwähnten Artikel beschrieben ist, die andere die des Reiterchens. Bei der zweiten Methode wird entweder das Reiterchen auf dem Wagbalken verschoben, bis der Zeiger bei Null zur Ruhe kommt — eine zeitraubende und nach dem Obigen unsichere Bestimmung — oder wenn man nicht so lange warten will, bis der Zeiger rechts und links von der Null gleich weit ausschwingt. Dieses Verfahren ist nicht zu billigen, wenn, wie das gewöhnlich der Fall ist, das Reiterchen nicht in einem Punct

Digitized by Google

aufsitzt, der mit den drei Schneiden in einer Ebene liegt, weil sich dann bei der Drehung sein Moment in anderer Weise, als die Momente der auf den Wagschalen liegenden Gewichte ändert. Wenn in allen Darstellungen der Erfordernisse einer guten Wage gesagt ist, dass die drei Schneiden des Wagbalkens in einer und derselben Ebene liegen sollen, so gilt es auch für das Reiterchen. Bunge ist, soviel ich weiss, der einzige Mechaniker, welcher das Reiterchen richtig aufsitzen lässt. Es ist natürlich möglich, dass einzelne Wagen bei beiden Methoden gleich gute Resultate geben, weniger gute Wagen werden sicher bei der ersten Methode des Aufschlags bessere Dienste leisten, und darum sollte diese Methode viel häufiger angewendet und namentlich auch gelehrt werden, als es bisher geschieht; freilich ist bei jeder Wägung eine kleine Rechnung auszuführen, was nicht Jedermann gern thut. Auch bei den schwierigsten Wägungen, bei denen die grösste Genauigkeit verlangt wird, bei der Vergleichung von Urmaassen, ist immer die Methode des Ausschlags benützt worden. (Siehe: Brix, über die definitive Feststellung des neuen Urpfunds, Berlin 1863. pag. 16.)

Ausser dem mittlern Fehler der Ruhelage gehört zur Definition einer Wage noch die Empfindlichkeit. Da aber unter allen Umständen bei Belastung eine Biegung eintritt, so kann der Ausschlag für ein gegebenes Uebergewicht nicht constant bleiben. Es genügt also nicht zu sagen, man könne bis auf ein Millionstel etwa abwägen, man muss zum wenigsten den Ausschlag eines kleinen Gewichts bei unbelasteter Wage und bei der stärksten zulässigen Belastung angeben. Wer an die Methode des Ausschlags gewöhnt ist, lernt bei seinen Wägungen rasch in dieser Beziehung seine Wage kennen, da er bei jeder Wägung den Ausschlag eines kleinen Gewichts, das zu dem abzuwägenden Körper gelegt wird, bestimmt. Wer blos mit dem Reiterchen wiegt, lernt seine Wage viel weniger kennen. Resultate in dieser Beziehung kann ich von der Bunge'schen Wage nicht geben, da sie einen Fehler hat, dem sich mechanisch wohl leicht abhelfen lässt: es sitzen die Schneiden, auf denen die Wagschalen aufliegen, auf cylindrischen Zapfen, so dass namentlich bei grösserer Belastung oder bei etwas zu rascher Arretirung oder Aufhebung der Arretirung eine Drehung der Schneiden eintreten kann. Die daraus entstehenden Fehler sind ziemlich beträchtlich und können bis ein Milligramm betragen (ich erinnere daran, dass die Tragfähigkeit der Wage ein Kilogramm ist), jedenfalls

Digitized by Google

sind sie uncontrolirbar; eine andere Befestigung der Schneiden ist also unbedingt geboten.

Auch dieses dritte Erforderniss zur Definition einer Wage wird beinahe nie angegeben; es sollten zum wenigsten für den unbelasteten Zustand und für den Zustand der grössten Belastung die Abweichungen wiederholter Ruhelagenbestimmungen angegeben werden, am besten in Milligrammen. Nach meiner Ansicht ist in den meisten Lehrbüchern der Physik die Wage ungenügend behandelt; es werden praktisch unmögliche Forderungen aufgestellt, z. B. dass die Hebelarme genau gleich lang sein sollen, und nachher wird gezeigt, wie man sich durch die Art der Wägung von der ungleichen Länge der Hebelarme unabhängig machen kann. Die Experimentalphysik muss gleich von vornherein die Mangelhaftigkeit der Wage anerkennen und zeigen, wie man mit einer nicht vollkommenen Wage genau wägen kann, sie muss insbesondere die Art der Wägung viel ausführlicher behandeln, sie muss Anleitung zum praktischen Wägen geben.

In Poggendorf's Annalen Band 122 Seite 593 betrachtet Krönig die Einrichtung der verschiedenen möglichen Gewichtssätze nach ihrer Zweckmässigkeit. Er kommt zu dem Resultat, dass am besten dem Zweck entsprechend diejenigen seien, welche von Milligrammen, Centigrammen, Decigrammen etc. je die Stücke 1, 1, 2, 5 enthalten. Auffallend ist mir, dass bei der Vergleichung der wenigstens bei uns gewöhnlichste Gewichtssatz mit den Stücken 1, 2, 2, 5 nicht von Krönig in Betracht gezogen wird. Er sagt zwar, die Summe der 4 Gewichtsstücke eines Namens dürfe nicht grösser als 9 sein, sonst hätte man z. B. statt 10 Milligramm ein Centigramm zu setzen, und das solle nie vorkommen. Allein das kommt auch bei 1, 2, 2, 5 nicht vor, obgleich die Summe 10 ist, wenn man bei dem Auflegen der Gewichte immer von den höhern zu den niedern übergeht, was deswegen räthlich ist, weil die Differenzen der höhern Gewichte die grösseren sind, so dass man sich dem gesuchten Gewicht von oben rascher nähert, als von unten. Die Zahl der nöthigen Operationen zur Abwägung von 9 Körpern mit den Gewichten 9, 8, 7 ... 2, 1 ist genau dieselbe, wie bei 1, 1, 2, 5. Man hat nämlich nach Krönig's Schema:

Digitized by Google

1, 1, 2, 5		1, 2, 2, 5	
$9 = 5 + 2 + 1 + 1$	4	$9 = 5 + 2 + 2$	3
$8 = 5 + 2 + 1$	3	$8 = 5 + 2 \pm 2 + 1$	4
$7 = 5 + 2$	2	$7 = 5 + 2$	2
$6 = 5 \pm 2 + 1$	3	$6 = 5 \pm 2 + 1$	3
$5 = 5$	1	$5 = 5$	1
$4 = \pm 5 + 2 + 1 + 1$	4	$4 = \pm 5 + 2 + 2$	3
$3 = \pm 5 + 2 + 1$	3	$3 = \pm 5 + 2 \pm 2 + 1$	4
$2 = \pm 5 + 2$	2	$2 = \pm 5 + 2$	2
$1 = \pm 5 \pm 2 + 1$	3	$1 = \pm 5 \pm 2 + 1$	3
	25		25

Es scheint darnach der Satz 1, 2, 2, 5 in keiner Hinsicht dem Satz 1, 1, 2, 5 nachzustehen, er hat aber vor ihm einen grossen Vorzug, er lässt sich viel einfacher controliren. Nimmt man nämlich von einem Gewichtssatz das höchste Gewicht als richtig an, so hat man nach dem gewöhnlichen Verfahren mit ihm eine gleichgeltende Summe von Gewichten zu vergleichen, also bei 1, 2, 2, 5 mit 5 die Summe $2 + 2 + 1$, dann mit 2 das folgende 2, mit einem 2 das folgende 1 nebst den 4 folgenden Gewichtsstücken u. s. f.; bei 1, 1, 2, 5 hat man dagegen mit 5 die Summe aller übrigen Gewichte des Kastens, mit 2 die Summe der folgenden 1, mit 1 das folgende 1, mit einem 1 alle noch übrigen kleinern zu vergleichen u. s. w. (vergleiche die Untersuchung von Dr. Bauer im letzten Bande des Repertoriums). Es wird Niemand entgehen, dass der Satz 1, 2, 2, 5 bei dieser Arbeit viel weniger Operationen bedingt, weil jede Einheit gleich der Summe der folgenden Gewichte der nächst niedrigen Classe ist. Wenn an der angegebenen Stelle Dr. Bauer sich Mühe gibt, aus der Vergleichung der Gewichte unter sich auf den absoluten Werth des Gewichtsatzes zu schliessen, so scheint mir dies deswegen verfehlt, weil in jedem Gewicht ein constanter Fehler steckt, herrührend von dem falschen Urmaass, von dem der Mechaniker ausgeht, und weil über constante Fehler keine Wahrscheinlichkeitsrechnung Auskunft gibt.

Im dritten Band des Repertoriums Seite 447 sagt Dr. Bauer: „Hiebei kann ich nicht umhin, mein Erstaunen darüber zu äussern, dass ich vergeblich in allen mir zu Gebot stehenden Werken darnach suchte, ob sich der Begriff des Grammes auf das Meeresniveau unter der Pariser Breite oder unter der Breite 45°, oder unter irgend einer

Digitized by Google

andern Breite bezieht oder ob, woran ich jedoch zweifle, das Gramm überhaupt kein absoluter; sondern ein mit der geographischen Breite und der Erhebung über die Meeresfläche variirender Werth ist.“ Diese Schwierigkeit existirt für den Physiker nicht, der unter Gramm nicht ein Gewicht, sondern eine Masse versteht, und da die Schwierigkeit auch in der Praxis nicht besteht, weil an demselben Ort, also bei gleicher Beschleunigung der Schwerkraft, das Gramm und das Cubikcentimeter Wasser gewogen werden, so vernachlässigt man in der Praxis, zwischen Masse und Gewicht zu unterscheiden. Das Gramm ist die Masse eines Cubikcentimeters Wasser, das Gewicht dieser Masse ist an verschiedenen Orten im Allgemeinen verschieden. Die Wage gibt uns nicht Gewichts-, sondern Maassebestimmungen, das Pendel erst lehrt uns die Beschleunigung der Schwerkraft und damit das Gewicht einer Masse.

Zum Schlusse erinnert mich noch das Wort Pendel an eine Bemerkung von A. Weinhold (in Poggendorf's Annalen, Band 134 Seite 621), dass ein physikalisches Pendel im Allgemeinen vier Aufhängepuncte mit gleicher Schwingungsdauer habe. Es ist richtig, dass in den Lehrbüchern gewöhnlich nur von einem Aufhängepunkt und einem Schwingungsmittelpunct die Rede ist, wenn aber Weinhold etwas Allgemeines darüber aufstellt, so hätte er noch einen ziemlichen Schritt weiter gehen sollen. Nach meiner Ansicht sollte in jedem Lehrbuch der Physik folgender durch Versuche leicht zu veranschaulichender Satz zu finden sein: Betrachtet man die zwei Schneiden eines Reversionspendels als Mantellinien zweier gerader Cylinder, deren gemeinschaftliche Axe durch den Schwerpunct des Pendels geht, so schwingt das Pendel um jede Mantellinie jedes dieser zwei Cylinder mit gleichen Schwingungszeiten.

Stuttgart, im April 1869.

Prof. Zech.

Digitized by Google

Bericht über die von Gambey bei dem grossen Mauerkreise der Pariser Sternwarte befolgte Theilungs-Methode.

Von

A. Séguier.

(Pariser Comptes rendus Nr. 5, 1 Février 1869.)

Gambey, wohl überzeugt von den unüberwindlichen Schwierigkeiten, welche sich der Ausführung einer gleichförmigen Zahnung um einen Kreis, sowie der Verfertigung einer tangirenden Schraube mit gleichem Gange entgegenstellen, glaubte, dass das sicherste Mittel, um mit den unvollkommenen Hilfsmitteln Resultate von besonderer Genauigkeit zu erhalten, darin bestehe, ihre Unregelmässigkeiten sorgfältig zu studiren und durch Grössen von entgegengesetzter Ordnung zu compensiren. Darauf beruht die Theilungsmethode, durch die es ihm möglich wurde, auf dem Limbus des grössten astronomischen Kreises eine Theilung von vor ihm unbekannter Genauigkeit zu ziehen.

Will man eine beliebige Theilung ausführen, so kommt es darauf an, eine fixe Einheit zu bestimmen, deren genaue Wiederholung durch eine bestimmte Anzahl von Malen das gesuchte Resultat sein wird. Die astronomischen Kreise sind in 360 Grade getheilt, die Grade sind wieder in eine je nach den Dimensionen des Kreises mehr oder weniger grosse Anzahl von Unterabtheilungen in der Art getheilt, dass die Theilstriche, wenn man sie durch eine starke Lupe betrachtet, immer von einander wohl getrennt erscheinen; die Anwendung von Vernieres gestattet, Grössen zu schätzen, die $^1/_{500000}$ Meter entsprechen. Diese Betrachtungen reichen allein hin, um die Nothwendigkeit, die Grundlage festzustellen, zu begreifen.

Wir wollen uns nun bemühen, ohne Figuren genau die von Gambey bei der Eintheilung des grossen Kreises des Observatoriums befolgte Methode genau zu beschreiben. Es handelte sich darum, auf

Digitized by Google

seinem Limbus von grosser Ausdehnung eine Theilung zu ziehen, in welcher der geschickte Künstler keinerlei Unregelmässigkeit mehr stehen lassen wollte.

Ohne uns auf die Construction des Kreises selbst weiter einzulassen, noch ohne an die Vorsichtsmaassregeln zu erinnern, die angewendet wurden, um alle seine Theile in gleicher molecularer Spannung zu erhalten, genügt es zu bemerken, dass der Kreis ganz auf seiner eigentlichen Axe abgedreht wurde, deren Lager vollkommen polirt worden waren, um die Regelmässigkeit ihrer Form zu untersuchen. Während der Theilung war das Instrument in horizontaler Lage aufgestellt und darin mittelst eines einzigen V förmigen Lagers festgehalten, das am oberen Theile seiner Axe angebracht war; das untere Ende dieser Axe war auch in eine Spitze ausgearbeitet, während sie sich in ihren wohl polirten Lagern drehte; eine starke Feder drückte die Axe beständig gegen das V förmige Lager. Man versteht, dass in Folge dieser Anordnung die auf ihrer vollkommen centrirten Spitze stehende Axe nur an drei Kanten des Cylinders eine Reibung erfuhr; diese Vorsichtsmaassregel war nöthig, um die Excentricitätsfehler zu beseitigen, welche die Ungleichheit der Oelschichten um die Axen bei den astronomischen Instrumenten verursacht.

Vier starke Steinblöcke waren, symmetrisch vertheilt rings um die Theilungsmaschine, in den Boden einer Parterrelocalität ohne Kellergewölbe, entfernt von den durch die auf der Strasse fahrenden Wagen bewirkten Erschütterungen, eingelassen.

Diese vier massiven Steine dienten als Unterlagen für vier Microscope, die mit Kreuzfäden und achromatischen Linsen von starker vergrössernder Kraft versehen waren; sie waren auf Schiebern der Art befestigt, dass sie, wenn nöthig, um eine gewisse Grösse, die durch eine micrometrische Bewegung messbar und regulirbar war, verstellt werden konnten. Mittelst dieser Microscope bestimmte Gambey am Anfange einen ersten Durchmesser, der durch das Centrum der Axe ging. Indem er nämlich an den Rändern des Kreises zwei bewegliche Marken aufstellte und abwechselnd die Microscope und die Marken verrückte, gelangte er dahin, dass er dem Kreise eine halbe Umdrehung ertheilen konnte und dabei immer wieder die Marken unter den Kreuzfäden der Microscope fand.

Nachdem Gambey diese Verification oftmals wiederholt und sich auch versichert hatte, dass alle Theile des Limbus die gleiche Tem-

Digitized by Google

peratur besassen, kam er durch eine zweite analoge Operation, wobei er die beiden anderen Microscope benützte, dann mit allen vieren zugleich dahin, einen zweiten Durchmesser zu fixiren, der gleich genau durch das Centrum der Axe ging und genau einen rechten Winkel mit dem ersten bildete, d. h. er konnte seinen Kreis in vier vollkommen gleiche Theile theilen. Gambey war sicher, dass die Operation genau war, wenn er abwechselnd seine vier Hauptpuncte unter jedes Microscop brachte und dabei immer eine vollkommene Coincidenz zwischen den Marken und den Kreuzfäden der vier Microscope zugleich erhielt.

Mit Hilfe dieser vier Microscope, die von nun an in gegenseitiger unveränderlicher Lage gehalten waren, wurden in genauen Intervallen durch successive Tatonnements Zwischenlinien gezogen und es war dadurch ein wichtiger Theil dieser delicaten Operation ausgeführt, denn die Grundlagen der ganzen Theilung waren nun unveränderlich festgelegt. Nachdem diese vorläufige Arbeit, bei der die Ausdauer des Künstlers eine Hauptrolle spielte, vollendet war, führte Gambey am Rande des Kreises selbst die Verzahnung aus, in welche die tangirende Schraube zu liegen kommen sollte, die ihm dazu diente, seine merkwürdige Theilung zu ziehen. Indem er zu diesem Behufe auf einem der Steine, der eines der vier Microscope getragen hatte, ein Reisserwerk anbrachte, zog er auf dem Rand des Kreises vor jeder Marke einen Strich, dem er sorgfältig eine gleiche Neigung wie dem Schraubengange gab, der dortselbst eingreifen sollte.

Die genaue Vertheilung der Marken versicherte die Regelmässigkeit der Distanzen zwischen den Einschnitten oder hohlen Zähnen; es waren nur noch mittelst einer Fraisevorrichtung die Unterabtheilungen der Zwischenräume auszuführen. Gambey hoffte nicht, dass sich diese Operation mit genügender Genauigkeit ausführen lassen werde. Er machte auch gar keinen Versuch dazu, so gross war sein Vertrauen zu dem Erfolge seiner Rectificationsmethode. Wir wollen übrigens die ingenieusen Verfahrungsweisen angeben, womit er die Verzahnung des Kreisrandes vollendete.

Der Raum für die Einschnitte zwischen jedem der vor jeder Marke angebrachten Querstriche wird einfach bestimmt durch Auflegen eines Maassstabes und ohne besondere Sorgfalt eine Schraube hergestellt, deren Steigung diesem Raume so genau als möglich in runder Zahl entsprach. Der erste Gang dieser Schraube wurde durch

Digitized by Google

die gewöhnlichen Hilfsmittel in eine Fraise verwandelt und unter dem Drucke einer starken Feder in dem vor der ersten Marke befindlichen Querstrich eingelassen; durch Drehen derselben prüfte Gambey sorgfältig, ob er bei dem vor der folgenden Marke angebrachten Querstriche ankam. Diese Schraube wurde in zwei Stücke geschnitten, die von einander getrennt werden konnten, aber doch eine gemeinsame Kante auf derselben Linie behielten. Gambey machte sich so die Möglichkeit zu Nutzen, die Steigung des Ganges seiner Schraube verändern zu können, und benützte diesen Kunstgriff, um durch successive Prüfungen seine Schraube so genau als möglich auf den nächsten Querstrich zu führen. Um jedoch die kleinen unvermeidlichen Fehler dieser Operation nicht weiter zu vermehren, hob er die schneidende Wirkung seiner Schraubenfraise in dem Momente auf, wo ihr letzter Gang das Ende des zwischen jedem Querstriche enthaltenen Raumes erreichte, um dann von Neuem den ersten Gang auf den folgenden Querstrich zu bringen. Auf solche Weise wurde successive der ganze Umfang des grossen Kreises des Observatoriums von Stück zu Stück gezahnt. Als diese rein mechanische Arbeit vollendet war, sollte für unser verstorbenes Mitglied erst eine Arbeit von hoher geistiger Anstrengung beginnen. Wir wollen versuchen, ganz klar die geistreiche Rectificationsmethode darzulegen, die Gambey bei dieser denkwürdigen Gelegenheit erdacht hat.

Es handelte sich darum, die Fehler auszumitteln, die unter den angegebenen Umständen in die Verzahnung hereingekommen waren; so viele Vorsichtsmaassregeln blieben noch ungenügend, um diejenige Vollendung zu erlangen, welche der grosse Künstler, der so streng gegen seine eigenen Werke war, anstrebte.

Diese Fehler mussten durch genaue Beobachtungen erkannt und numerisch ermittelt werden; es sollte eine Tabelle hergestellt werden, welche später das rectificirende Organ bilden sollte zur Vermeidung dieser Fehler beim Ziehen der Theilung. Um dieses wichtige Resultat zu erlangen, liess Gambey eine tangirende Schraube in die Verzahnung des Kreisrandes eingreifen, während die vier ersten Marken, wovon jede mit einer Null bezeichnet war, zur genauen Coincidenz mit den Kreuzfäden seiner vier Microscope gebracht waren; indem er sodann die Schraube langsam drehte, zählte er genau die Zahl von Umgängen und Bruchtheilen derselben, die er ausführen musste, um der Reihe nach jede Marke unter die Microscope zu

Digitized by Google

bringen. Wir müssen beifügen, dass Gambey, um die Bruchtheile der Schraubenumgänge genau bestimmen zu können, mit der Axe der Schraube eine sorgfältig getheilte Kreisscheibe verbunden hatte. Indem er so seine Zahlen von Umgängen und ihren Bruchtheilen notirte, fand er das Gesetz aller zwischen jeder Marke vorkommenden Fehler.

Dies reichte jedoch nicht hin, um zum Endresultate zu gelangen, er musste noch wissen, wie diese Fehlersumme sich unter die Zähne vertheilte, die in dem zwischen jeder Marke befindlichen Raum enthalten waren. Gambey richtete nun den Träger der tangirenden Schraube beweglich ein, um sie der Reihe nach in jeden Zahn einlassen zu können, wobei er sich bei jedem neuen Einlassen versicherte, dass die Marken stets in vollkommener Coincidenz mit den Fäden der Microscope waren.

Durch diese successive Transposition des Anfangs- und Endpunctes bei jedem der zwischen den Marken enthaltenen Zähne gelangte Gambey zur genauen Bestimmung des Fehlers eines jeden von ihnen. Indem er sodann die Summe aus allen diesen individuellen Fehlern nahm und sie durch die Anzahl der zwischen jeder Marke enthaltenen Zähne dividirte, erhielt er den mittleren Fehler eines jeden Zahnes; indem er dann Markengruppen von zwei zu zwei, von vier zu vier nahm, gelangte er successive zu Mittelwerthen, die schliesslich die Grundlagen für die Ausführung der Rectification bildeten. Denn man begreift, dass wenn die arithmetischen Grössen in lineare Dimensionen übertragen werden, dass es dann möglich sein wird, auf einer Scheibe Radien zu ziehen, deren Anzahl gleichkommen wird der der numerischen Gruppen, und deren Länge proportional sein wird der Summe der linearen Dimensionen, aus welchen die Mittel bestehen. Wird diese Scheibe am einen Ende der Axe der tangirenden Schraube, welche dazu dienen soll, die schliessliche Theilung herzustellen, in der Weise angebracht, dass sie ihre eigene Umdrehung in derselben Zeit wie der zu theilende Kreis zurücklegt, so begreift man, dass die Curbel der tangirenden Schraube bei jedem Umgange, indem sie an einem Puncte des Umfanges dieser Scheibe stehen bleibt, Radien von verschiedener Länge wird treffen können, welche zur Umdrehung der Schraube Grössen addiren oder subtrahiren, die hinreichen, um dem grossen Kreise die Winkelbewegung zu ertheilen, welche genau äquidistanten Theilstrichen entspricht. Durch diese für die Construction von Präcisionsinstrumenten so wichtige Schlussweise gelangte Gambey

Digitized by Google

dahin, auf dem grossen Kreise der Pariser Sternwarte die Theilung zu ziehen, bei welcher er nicht Anstand nahm, den Reisser wieder zurückzuführen, um ihr eine Tiefe zu geben, welche Arago ungenügend erschienen war, nachdem sie eben glücklich beendigt war. Nachdem Gambey diesen günstigen Erfolg erlangt hatte, hat er auch seine gewöhnliche Theilmaschine mit der gleichen Genauigkeit ausgestattet.

Beschreibung der von Gambey bei der Herstellung seiner Theilmaschine befolgten Verfahrungsweise.

Um seine Theilmaschine herzustellen, hat Gambey zwei ganz in gleicher Weise gehämmerte Limben aus Messing aufeinander gelegt und durch symmetrisch vertheilte Schrauben mit einander verbunden. Nachdem er diesen doppelten Limbus, der schon ganz mit seiner eigentlichen stählernen Axe, die sorgfältig gedreht und polirt wurde, versehen worden war, auf die Felge eines gusseisernen Rades, das in der Drehbank eingespannt war, aufgesetzt hatte, unterzog er ihn der Operation der Verzahnung auf dem Rande mittelst einer tangirenden Schraubenfraise, bei welcher die Steigung der Gänge auf die zu beschreibende Weise regulirt war. Einige Tatonnements zwischen dem Umfange der Maschine, der ein wenig grösser als nöthig gehalten war, und der Steigung der Schraube reichten hin, um das geeignete Verhältniss dieser beiden Theile für den gesuchten Erfolg zu finden.

Die Verzahnung wurde durch successive Bruchtheilung (Fraction) des Limbus ausgeführt; sein Umfang ward sorgfältig mittelst des Zirkels in gleiche Theile getheilt; die tangirende Schraube wurde Umgang für Umgang an jedem Theile hingeführt, eine Feder drückte sie an den Rand des Limbus, um daselbst die Kanten ihrer Gänge einzudrücken; zählte man nun die Anzahl der Umgänge und untersuchte man mit einer Lupe, ob derselbe Gang der Schraube, der zum Ausgangspunct diente, auch noch die Linie traf, welche den Theil des Umfanges, um den es sich eben handelt, beendigt, so war es leicht, sich zu überzeugen, ob derselbe Gang in vollkommene Coincidenz mit dieser Linie kam. In Folge der beim Beginne der Operation am Kreisrande genommenen Vorsichtsmaassregeln kann der zu rectificirende Fehler nur ein Zurückbleiben der Schraube sein, da der Umfang noch ein wenig grösser als dies nöthig ist, um genau der Anzahl von Zähnen zu entsprechen, womit man den Kreis versehen will.

Digitized by Google

Dieser Fehler im Zugrosssein wurde in geeigneter Weise verbessert, indem man den Umfang des Limbus auf der Drehbank etwas verkleinerte. Für diejenigen, welche diese Beobachtungen wiederholen wollen, ist es gut, darauf zu achten, dass das Abdrehen des Limbus nicht weiter fortgesetzt werde, sobald der Fehler im Zugrosssein noch in geringerem Grade vorhanden ist, da das Einschreiten des Schraubenganges in den Rand des Limbus bald diese Differenz compensiren muss. Verfährt man anders, so würde man sich der Gefahr aussetzen, schliesslich schlotterige Zähne zu erhalten. Will man vermeiden, dass sich die kleinen Fehler fortwährend summiren, ja sogar dass die Anhäufung schliesslich einen ganzen Schraubengang ausmacht, so muss man das Eingreifen der tangirenden Schraube aufheben, nachdem ihre Gänge auf einem bestimmten Theile des Umfanges eingedrückt sind, und für den folgenden Theil von Neuem anfangen, indem man, wie beim ersten Male, denselben Schraubengang einsetzt, der als Ausgangspunct von der Trennungslinie einer jeden Abtheilung des Limbus-Umfanges genommen war. War diese erste Operation des Eindrückens des Schraubenganges genau eine bestimmte Anzahl von Malen rings um den bisher feststehenden Kreis ausgeführt, so musste der Schraubengang hinreichend tief in den Rand des Limbus eingeschnitten werden; zu diesem Behufe versetzte Gambey die Schraubenfraise unter dem Drucke einer Feder in Drehung und liess durch dieselbe den um seine Axe drehbaren Limbus fortführen. Um zu verhindern, dass die Trägheit des den Limbus tragenden gusseisernen Rades, sowie die Reibungen der Axe ein ungleiches Einschneiden der Schraubenfraise auf der einen oder anderen Seite bewirke, äquilibrirte er diesen Widerstand durch ein Gegengewicht, das am Ende eines Seiles aufgehängt war, welches um die Axe gewunden und durch eine Rolle geführt war. Die geeignete Masse wurde durch einfaches Tatonnement gefunden, indem er gekörntes Blei in ein am Ende des Seiles angebrachtes Gefäss fallen liess, bis das ganze System sich zu bewegen anfing.

Während der Operation des Einfraisens der Verzahnung in den Rand des Limbus, richtete Gambey die grösste Aufmerksamkeit darauf, dass der Kreis beständig rund blieb, was bei dem geringsten Fehler in der Homogenität des Metalles nicht mehr stattgefunden hätte, wenn die Schraubenfraise beständig unter dem Drucke der Feder hätte wirken können. Um diese ungemein schädliche Formänderung zu verhüten, versah er den Träger der Schraubenfraise mit

Digitized by Google

einer Gegenschraube, welche, da sie ihren Angriffspunct in einem Theile des Limbusrandes hatte, in dem das Einschneiden nicht stattfand, während der Operation das Einschneiden regulirte und zu arretiren gestattete in dem Momente, wo die Verzahnung die gewünschte Tiefe erlangt hatte; auf solche Weise behielt Gambey die vollkommene Kreisfigur seines Kreises bei und sicherte auch die Concentricität der Verzahnung mit der Axe. Der so mit den eben beschriebenen unerlässlichen Vorsichtsmaassregeln in seinem ganzen Umfange gezahnte Kreis konnte noch lange nicht als Theilmaschine benützt werden; man musste ihn erst nach der Methode der Mittelwerthe untersuchen, um die Fehler zu vermindern, welche bei der Verzahnung noch immer vorhanden sind. Die Rectification nach der Methode der Mittelwerthe lässt sich in doppelter Weise ausführen.

Unterwirft man successive die ganze Verzahnung des Limbus der Wirkung der beiden Schraubenfraisen, welche während der ganzen Zeit ihres Einschneidens in unveränderlicher Entfernung gehalten werden, so müssen die Fehler, nach plus oder nach minus, verschwinden. Sie müssen auch verschwinden, wenn er die beiden übereinandergelegten Limben trennte und ihre gegenseitige Lage änderte und zwar zuerst von Durchmesser zu Durchmesser, dann indem er sie unter rechten Winkeln kreuzte, und indem er sie endlich noch in alle möglichen Lagen brachte, welche die symmetrische Vertheilung der Verbindungsschraube zulassen kann. Liess er dabei noch die Schraubenfraise nach jeder Veränderung der Lage eine genügende Zeit wirken, so wurde zwischen den zu weiten und den zu engen Zähnen beider Limben, die zugleich der Wirkung der Fraise ausgesetzt waren, eine gegenseitige Compensation erzielt, wodurch schliesslich eine mittlere Entfernung aller Zähne erhalten wurde. Dieser zweiten Art, die Methode der rectificirenden Mittelwerthe anzuwenden, gab Gambey den Vorzug.

Nachdem er dieselbe mit Sorgfalt und Geduld ins Werk gesetzt hatte, erhielt er schon eine hinreichend genaue Basis für die Theilung astronomischer Instrumente; allein Gambey war nicht der Mann, der sich damit begnügte. So hat er bei der definitiven Montirung seiner Theilmaschine die Einrichtung getroffen, dass sie zwischen vier Tangentenschrauben functionirte, um eine gegenseitige Subdivision der kleinen Unvollkommenheiten zu erlangen, die nach der beschriebenen Vorbereitungsarbeit noch übrig geblieben waren.

Digitized by Google

Diese Anwendung der Methode der rectificirenden Mittelwerthe hatte zur Folge, dass Gambey die genauen Theilungen erhielt, welche allen aus seiner Werkstätte hervorgegangenen Instrumenten die verdiente Anerkennung erwarb.

Dazu kommen übrigens noch verschiedene Hilfseinrichtungen, die er uns mittheilte, um Alles angeben zu können, was für die Genauigkeit der Theilungen von Belang ist. Gambey wollte auch die Fehlerquellen beseitigen, welche in der Excentricität der Axe in ihren Lagern ihren Grund haben und also auch in der ungleichen Dicke der Oelschichten.

Um seine Theilmaschine bei ihrer Winkelbewegung unter der Einwirkung ihrer vier Tangentenschrauben vollständig frei zu lassen, kam er auf den Gedanken, ihre Axe während der Theilung der Instrumente der Reibung ihres oberen Lagers, das denselben Conus trug, wie das Lager, in welchem sie gewöhnlich ruhte, zu entziehen; eine geringe Senkung des Lagers trennt sie. Die Theilmaschine stand so frei zwischen den vier Schrauben und war blos an ihrem unteren Zapfen unterstützt.

Durch eine scharfsinnige Anwendung des geometrischen Principes des Parallelogrammes gelang es Gambey überdies seine Theilungen von den Fehlern zu befreien, die in einer unvollkommenen Verbindung des zu theilenden Instrumentes gegen die Theilmaschine ihren Grund haben.

Gerade in der Anwendung dieser Hilfsmittel, welche die Wissenschaft bot, bekundete Gambey die Weite seiner theoretischen Kenntnisse. Indem er die Axe des zu theilenden Instrumentes selbst als Centrum und als Stützpunct des die Theilung ziehenden mechanischen Systems nahm, und indem er mittelst zweier Gelenke diese Systeme mit zwei fixen Puncten verband, welche auf dem Fundamente der Theilmaschine sich befanden, gelang es ihm, den Ort, welchen das Instrument auf der Theilmaschine einnahm, vollständig gleichgiltig zu machen, da die Winkelgeschwindigkeit, welche die letztere durch die gleichzeitige Drehung der vier Tangentenschrauben erhielt, durch die ein Parallelogramm bildenden Gelenke immer genau auf's Reisserwerk an der Axe des zu theilenden Instrumentes selbst übertragen wurde.

Um seine Theilungen von den Fehlern zu befreien, die aus den Temperaturänderungen während der Dauer der Operation sich ergeben konnten, sorgte er dafür, dass der Raum, in dem die Maschine stand, constant war; und um den Einfluss der Wärmestrahlung durch den

Digitized by Google

Körper der theilenden Person zu vermeiden, liess er durch sinnreiche Combinationen von Streifen, Hebeln, Zählern, Gesperr, automatisch durch das Fallen eines Gewichtes die Arbeit ausführen, welche von ihm beständig mit der Hand ausgeführt wurde.

Seine minutiöse Sorgfalt ging soweit, dass er, um die Masse der auf die Theilmaschine aufgesetzten Instrumente zu äquilibriren, dieselben an einem Seile aufhängte, das über eine an der Decke befindliche Rolle ging und am Ende ein entsprechendes Gegengewicht trug. Federn oder elastische Kissen waren zwischen die Unterlage der Theilmaschine und den Boden gebracht, um während der Theilung die Erzitterungen zu vermeiden, die durch das Vorüberfahren von Wägen auf der Strasse erzeugt wurden. Die Anordnung der Lamellen, Hebel und des Reissers war so getroffen, dass dieser mehrere Male leer, d. h. ohne einen Theilstrich zu machen, sich bewegte, bis er wirkte; durch diese Vorsicht brachte Gambey alle todten Gänge, welche die Abnützung der einzelnen Theile beim Uebertragen der Bewegung auf die Plattform herbeiführen konnte, auf dieselbe Seite und eliminirte so die daraus folgenden Fehler. Sobald die Theilung vollendet war, hob derselbe automatische Mechanismus die Wirkung des Reissers genau in dem Momente auf, in welchem der letzte Strich gezogen war, um ein doppeltes Einschneiden in die ersten Striche zu vermeiden, wodurch sie eine grössere Tiefe und damit ein anderes Aussehen als die übrigen erhalten hätten.

Gambey hatte bemerkt, dass die Continuität der Operation, die Gleichheit der zwischen dem Ziehen eines jeden Theilstriches verflossenen Zeitmomentes nicht ohne Einfluss auf das Endresultat war, und sein Bestreben nach Vollendung ging so weit, dass er alle Umstände in Betracht zog, um dies zu erreichen.

Wir haben gesagt, wie Gambey seine Theilmaschine, die genaueste von den gegenwärtig existirenden, hergestellt hat; wir haben die Vorsichtsmaassregeln kennen gelernt, deren er sich bediente, um die grösstmögliche Präcision zu erlangen; wir wollen nun anführen, wie Gambey, so streng gegen seine eigenen Arbeiten, noch wenig zufrieden mit einer Maschine, welche die Unregelmässigkeiten so verkleinert, dass sie mit den gewöhnlichen Verificationsmitteln nicht mehr wahrgenommen werden können, zu der Methode der die Fehler verkleinernden Mittelwerthe noch die Methode der rectificirenden Ordinaten hinzufügen wollte.

Digitized by Google

Anwendung der Gambey'schen Methode der rectificirenden Ordinaten auf dessen Theilmaschine, erfunden bei Gelegenheit der Theilung des grossen Mauerkreises der Pariser Sternwarte.

Als Gambey die Theilung eines Kreises vornahm, der grösser war, als der seiner Theilmaschine, wusste er sehr gut, dass er darin die Fehler mit aufnahm, welche in den gewöhnlichen Fällen, wo der getheilte Kreis kleiner als die Theilmaschine war, verkleinert wurden; doch wollte er diesen Missstand zum Vortheil der Originaltheilung benützen. Nachdem er eine Theilung auf dem Limbus eines grossen Kreises, der für diese Operation bestimmt war, ausgeführt hatte, schickte er sich an, mit minutiöser Sorgfalt und unermüdlicher Geduld diese angewachsenen Fehler zu ermitteln. Eine doppelte Alhidade, mit Verniers versehen, diente zu dieser Prüfung, die anfangs von 5 zu 5, dann von 10 zu 10, endlich von 20 zu 20 Theilstrichen ausgeführt wurde. Diese gewissenhafte Controle gestattete ihm eine Zahlentabelle herzustellen, wie die z. B. von einer oder zwei Secunden; mittelst dieser Zahlen, die gruppenweise summirt und in proportionale Ordinaten verwandelt, rings auf einem Kreise aufgetragen waren, gelang es, den äusseren Rand dieses Kreises so einzutheilen, dass die concaven und convexen Curven, welche darauf den Umfang bildeten, der genaue Ausdruck für die Fehler waren, welche bei ihrer Vergrösserung auf dem Limbus des getheilten Kreises an einer Theilmaschine beobachtet waren, die kleiner als der Kreis selbst war.

Gambey hat auch an seinem Kreise die rectificirenden Ordinaten in einer Reihenfolge aufgetragen, die identisch mit den Beobachtungsreihen war, welche die Fehler der Verzahnung ergeben hatten; der Nullpunct des Kreises fiel genau zusammen mit dem der Theilmaschine. Der so hergestellte rectificirende Kreis konnte zur rechten Zeit seine rectificirende Function ausüben.

Der Zweck, der erreicht werden sollte — wiederholen wir es der Klarheit und Verständlichkeit halber — bestand darin, zur Winkelverrückung, die der Reisser nach jedem gezogenen Striche erfährt, die Grösse hinzuzufügen oder abzuziehen, die erforderlich ist, um genau die Aequidistanz der Theilstriche zu erhalten. Dieses Resultat erhielt man durch eine geeignete Modification eines der Winkel des Parallelogrammes, das durch die Verbindung des Reisserwerkes mit dem Fundamente gebildet wurde; um diese Aenderung so zu erhalten, dass sie den Fehlern proportional war, wurde eine Hebelverbindung

Digitized by Google

zwischen dem rectificirenden Kreise und dem Parallelogramm des Reisserwerkes eingerichtet; die Undulationen der Ränder des ersteren waren in proportionale Aenderungen des letzteren umgewandelt; es wurden so zur Winkelbewegung des Reissers compensirende Grössen addirt oder subtrahirt, welche bei der Theilung der Instrumente die Unvollkommenheiten annulliren sollten, welche die Rectificationsmethode durch die Mittelwerthe nicht in der Verzahnung der Theilmaschine aufheben konnte. Durch diesen sinnreichen Kunstgriff konnte Gambey eine genaue Arbeit mit einer ungenauen Theilmaschine herstellen. Sein Genie basirte die Genauigkeit auf der Unregelmässigkeit.

Gambey hatte bei der Verbindung der Hebel untereinander sehr geschickt das Hilfsmittel angewendet, die Verhältnisse ihrer Arme veränderlich einzurichten, um durch die Undulationen des Kreises genau die auf dem vergrössernden Kreise beobachteten Fehler überzutragen, die noch an der Theilmaschine trotz der vielfachen bei ihrer Construction angewendeten Vorsichtsmaassregeln übrig geblieben waren.

Um den todten Gang an den Charnieren des Mechanismus seiner Theilmaschine aufzuheben, wendete Gambey Federn an. Alle Axen waren in Spitzen montirt, die Stangen für die Uebertragung der Bewegungen waren aus Stahlstücken verfertigt, die in Kugeln endigten, welche in halbkugelförmigen Pfannen durch die Spannung von kupfernen oder stählernen Spiralfedern gehalten wurden. Seiner Kugel gab er unter Anwendung der Geometrie die genaue Kugelgestalt: da nämlich der Schnitt einer vollkommenen Kugel ein Kreis ist, so konnte er mit Hilfe von regelmässigen Kreisen seinen Kugeln auf der Drehbank leicht eine vollkommene Gestalt geben; indem er die eine mittelst der anderen polirte, rectificirte er beide und erhielt so sicher eine genaue Gestalt, wie er sie unmöglich durch irgend ein anderes Verfahren erhalten hätte. Die halbkugelförmige Höhlung, in welche die Kugel gelegt werden sollte, wurde durch ein besonderes Verfahren mittelst eines genau halbkreisförmig gearbeiteten Façonstahles ebenso vollkommen hergestellt.

Gambey hatte die Absicht, auch auf seinen Längentheilmaschinen die Methode der rectificirenden Ordinaten anzuwenden; der Tod hat ihn überrascht, ehe er diese letzte Arbeit vollendet hatte.

Digitized by Google

v. Waltenhofen. Ueber die Grenzen der Magnetisirbarkeit des Eisens und des Stahles.

(Wiener Academ. Anzeiger Nr. XII.)

v. Waltenhofen legte der Wiener Academie in der Sitzung vom 29. April eine Abhandlung vor, in welcher das gesammte Material von Beobachtungen über den Zusammenhang zwischen Electromagnetismus und Stromstärke eingehenden Rechnungen unterworfen ist und gelangte dabei zu folgendem Resultate:

> „Der dem Zustande der magnetischen Sättigung des Eisens entsprechende Grenzwerth des magnetischen Momentes der Gewichtseinheit ist eine absolute, das heisst von Form und Grösse der Electromagnete unabhängige Constante, deren numerischer Werth sehr nahe 2100 absolute Einheiten per Milligramm beträgt."

Hieraus geht hervor, dass die theoretisch mögliche temporäre Magnetisirbarkeit des Eisens über fünfmal so gross ist, wie die thatsächlich erreichte permanente der besten Stahlmagnete, wenn man letztere mit W. Weber zu etwa 400 absoluten Einheiten per Milligramm annimmt. — Der Verfasser findet es bemerkenswerth, dass eben dieser Sättigungsgrad auch derjenige ist, bis zu welchem bei der temporären Magnetisirung von Stahlstäben mittelst des electrischen Stromes das von ihm im Jahre 1863 nachgewiesene Gesetz Geltung hat, während beim Eisen das Lenz-Jacobi'sche Proportionalitätsgesetz, wie der Verfasser ebenfalls nachweist, in der Regel bis zu einer Sättigung von durchschnittlich 800 absoluten Einheiten per Milligramm zutrifft.

Der Verfasser findet die Existenz eines absoluten Grenzwerthes für das magnetische Moment der Gewichtseinheit, welchen er als eine für die moleculare Beschaffenheit des Eisens charakteristische, mit den Constanten der Elasticität, Festigkeit u. s. w. vergleichbare physicalische Constante betrachtet, ganz im Einklange mit der Theorie der drehbaren Molecularmagnete, für deren Wahrscheinlichkeit er durch seine Entdeckung der anomalen Magnetisirung und der damit zusammenhängenden Erscheinungen einen schlagenden Beweis geliefert zu haben glaubt.

Endlich weist der Verfasser noch darauf hin, dass das im obigen Lehrsatze ausgesprochene Ergebniss seiner Rechnungen auch die Folgerung in sich schliesst, dass die von Müller angedeutete, aber als ungenau und überhaupt noch zu wenig constatirt bezeichnete Proportionalität des Coefficienten B seiner Formel mit der Stablänge allgemeine Geltung haben müsse. Dabei werden auch die Umstände nachgewiesen, welchen es zuzuschreiben ist, dass sowohl Müller, als auch der Verf. nach den Daten, welche bisher vorgelegen waren, die Zulässigkeit und Allgemeinheit dieser Relation bisher bezweifeln mussten.

Ein Anhang enthält noch einige Zusätze, veranlasst durch neueste Arbeiten, welche sich zum Theile auch auf andere vom Verfasser in früheren Abhandlungen behandelte Fragen beziehen. — Ueber eine vor Kurzem erschienene Arbeit von Oberbeck, von welcher der Verf. erst nach Abschluss seiner Untersuchung Kenntniss erhielt, und in welcher von der Existenz eines unabhängigen Grenzwerthes für das magnetische Moment der Volumseinheit die Rede ist, wird bemerkt, dass diese Arbeit keine Aenderung oder Vervollständigung der soeben angeführten Resultate bedingt, weil darin der Betrag des besagten Grenzwerthes weder ermittelt noch angegeben ist, und die mitgetheilten Versuchsresultate auch einen zu wenig regelmässigen Verlauf zeigen, um eine numerische Ableitung eines solchen Grenzwerthes zu gestatten, wenn gleich die Existenz eines solchen aus zwei von den mitgetheilten Versuchsreihen hervorzugehen scheint.

Digitized by Google

Beschreibung eines selbstregistrirenden Meteorographen,

construirt für die Sternwarte zu Upsala.

Von

Dr. A. G. Theorell.

(Hiezu Tafel XI und XII.)

Im Frühlinge 1864 wurde ich von Prof. Edlund, Mitglied der Academie der Wissenschaften zu Stockholm, aufgefordert, auf Rechnung der Academie einen Registrirapparat für die Thermometer- und Barometer-Beobachtungen zu construiren, bei dem die beim Wheatstone'schen Apparate benützten Einrichtungen zu Grunde gelegt werden sollten, jedoch mit dem Unterschiede, dass das Schliessen des Stromes und nicht das Unterbrechen für die Registrirung verwerthet werden sollte. Ausserdem sollte der das Schliessen des Stromes bewirkende Draht nicht in das Quecksilber eintauchen, sondern sogleich, nachdem er dasselbe berührt hat, zurückgehen.

Diese Bedingungen zogen die Nothwendigkeit einer von der Wheatstone'schen Einrichtung ganz verschiedenen Construction nach sich. Während des Winters 1864—65 construirte ich nach diesen neuen Principien ein Instrument, das sowohl mit dem Thermometer, als dem Psychrometer und Barometer verbunden werden konnte, wiewohl das Barometer nie am Apparat wirklich angebracht wurde. Dieses Instrument, von Lyth ausgeführt, wurde an der Sternwarte zu Stockholm eingerichtet und war daselbst in Thätigkeit, bis es durch Vorwitz derangirt wurde.

Durch die Generosität eines Freundes, des Marine-Architecten Brodin, wurde ich in den Stand gesetzt, ein neues Exemplar mit bedeutenden Abänderungen für die Industrie-Ausstellung zu Stockholm im Jahre 1866 auszuführen. Die Aufmerksamkeit, welche demselben von Seite des dänischen Jurymitgliedes für physikalische Instru-

Digitized by Google

mente, Prof. Holten von Copenhagen, zu Theil wurde, hatte die Bestellung eines Instrumentes für die Gesellschaft der Wissenschaften zu Copenhagen zur Folge.

In der jüngsten Zeit wurde ein neues Exemplar für die Sternwarte zu Upsala bestellt; auf dieses bezieht sich die folgende Beschreibung. Wiewohl dieses Instrument in mannichfacher Beziehung ganz bedeutende Unterschiede von dem Copenhagener Apparate zeigt, so sind diese doch nicht der Art, dass sie besondere Zeichnungen für die beiden Instrumente erfordern. Ich benütze deshalb die für die Beschreibung des Copenhagener Apparates bereits hergestellten Figurentafeln und werde jedesmal die neu hinzugekommenen Modificationen angeben. Sie sind übrigens hauptsächlich nöthig geworden durch verschiedene Anforderungen in der Aufstellung der Thermometer, da die beim Copenhagener Exemplar gebrauchten $0^m,75$ Abstand von dem Gebäude hatten, in dem sich das Instrument befand, ein Abstand, der in Anbetracht der besonderen localen Umstände von Rubinson, der die meteorologischen Beobachtungen zu Upsala dirigirt, für ungenügend bezeichnet wurde. Die Ausführung der zwei Instrumente, die dem Mechaniker der Academie der Wissenschaften, Sörensen, übertragen wurde, lässt sowohl in Bezug auf Exactheit als auf Eleganz nichts zu wünschen übrig. Die Thermometer und das Barometer wurden von dem Academischen Fabrikanten meteorologischer Instrumente, Åderman, mit grosser Geschicklichkeit verfertigt. Sie sind mit der scrupulösesten Sorgfalt verfertigt und die Thermometer gestatten nicht nur die Schätzung von $^1/_{20}$ Grad, sondern sind auch innerhalb dieser Grenze noch vollkommen sicher.

Wie ich schon oben angegeben habe, sind diese Apparate für Thermometer-, Psychrometer- und Barometer-Beobachtungen bestimmt. Die Tafeln sind nach Photographien angefertigt. Die Figur 4 Tafel XII stellt den ganzen Apparat dar, die Figuren 1, 2, 3 Tafel XI zeigen verschiedene Theile und verschiedene Seiten des innerhalb des Gebäudes befindlichen Theiles. Der Maassstab von Figur 4 Tafel XII ist ohngefähr $^1/_8$ der natürlichen Grösse.

Das Notiren der Beobachtungen wird mittelst zweier Electromagnete bewerkstelligt, an deren Armaturen Stahlstichel befestigt sind, welche Marken auf ein Papier drücken; der electrische Strom, welcher den Electromagnet umkreist, wird dadurch geschlossen, dass ein Stahldraht mit dem Quecksilber des zu beobachtenden Instrumentes in

Digitized by Google

Contact tritt. Hat der Stahldraht das Quecksilber erreicht, so wird er arretirt und geht zurück; aber erst nachdem der Strom an einem anderen Puncte seiner Leitung unterbrochen wurde, um so Funken im Quecksilber des Instrumentes zu vermeiden. Der Electromagnet steht mit dem Stahldrahte in einer derartigen Verbindung, dass seine Lage, wenn er seine Marke aufdrückt, von der Höhe der Quecksilbersäule im Instrumente abhängt; man kann auf diese Art die Variation des Instrumentes durch die relative Lage der Marken bestimmen. Alle 10 Minuten liefert jedes der drei Instrumente eine Beobachtung (beim Copenhagener Exemplar alle 15 Minuten).

Die Thermometerröhren, die ich gebrauche, sind, um die Bewegungen des Stahldrahtes zu ermöglichen, offen und cylindrisch, und haben ein hinreichend grosses Caliber, um eine leichte Bewegung der Drähte zu ermöglichen; Alles hat dabei eine für die Stabilität nothwendige Stärke. Da jeder Thermometergrad eine Länge von ohngefähr 3 Millimeter hat, so müssen die Kugeln nothwendigerweise ein ungewöhnliches Volumen haben. Da übrigens die Form der Kugeln die eines sehr verlängerten Cylinders ist, so folgten diese Thermometer, verglichen mit den an der Sternwarte zu Upsala angewendeten, immer ohne merkliche Differenz den Variationen dieser letzteren, selbst wenn die Temperatur der Luft am meisten sich änderte. Im Uebrigen ist die Construction die allgemeinste, mit einem an der Kugel angeschmolzenen äusseren Rohre, das die Scala und die Thermometerröhre umschliesst. Figur 6 Tafel XI stellt sie in einem Maassstabe dar, der etwas grösser als ein Drittel der natürlichen Grösse ist.

Der Umstand, dass die Thermometer offen sind, führt die Nothwendigkeit nach sich, dass sie sorgfältig vor Staub und derartigen äusseren Einflüssen geschützt sind, welche eine nachtheilige Einwirkung auf das Quecksilber ausüben könnten. Man muss sie deshalb so oft als möglich von der Feuchtigkeit und der Kohlensäure der Luft befreien. Diese Vorsichtsmassregeln sind ebenso nöthig für den Stahldraht, der seine metallische Oberfläche für die Sicherheit des galvanischen Contactes beibehalten muss. Der Umstand der freien Bewegung des Drahtes in den Thermometerröhren erfordert in gleichem Maasse das Wegschaffen jeder Spur von Feuchtigkeit wenigstens in der kalten Jahreszeit, da die Feuchtigkeit durch Gefrieren die Beweglichkeit des Drahtes hemmen kann. Mit Rücksicht auf diese Betrachtungen habe ich die folgende Construction adoptirt. Die Thermometer sind an

Digitized by Google

ihrem oberen Ende in eine Zinkfassung eingeschlossen, die man so hermetisch schliessen konnte, dass sie einem Druck von mehreren Millimetern widersteht. In die Fassung bringt man Glasgefässe mit Chlorcalcium und Aetzkali. Hiedurch werden die Stahldrähte vollständig gegen Rost und das Quecksilber der Thermometer gegen Staub und Feuchtigkeit geschützt.

Bei dem Copenhagener Apparat wird die angeführte Zinkfassung, wie dies *D* (Figur 4 Tafel XII) zeigt, an der Mauer des Hauses angeschraubt, in dem der Apparat aufgestellt ist. Die Thermometer sind etwa bei *p* eingeschlossen, so dass die Röhren durch die verticale Verlängerung *G* herabgehen und die Kugeln sich im Innern der Jalousien *E* aus Eisenblech befinden. Durch diese Einrichtung sind sie vor Regen und Schnee geschützt, während sie noch hinreichend frei aufgestellt sind, um eine Stagnirung der sie umgebenden Luft zu vermeiden. Für die Ablesung der Thermometer ist ein kleines Thürchen an der vorderen Seite der Verlängerung *G* angebracht. Selbstverständlich muss die Fassung an der Nordseite des Gebäudes aufgestellt und ausserdem durch Schirme oder Jalousien vor der Morgen- und Abendsonne geschützt werden. Der ganze übrige Theil des Apparates befindet sich im Innern des Gebäudes; er ist ganz von einem Glaskasten bedeckt und so gegen Staub und Feuchtigkeit geschützt. Er steht auf einer sehr festen Eisenplatte *H*, durch die drei Stellschrauben hindurchgehen und die auf ein Piedestal von Backsteinen gestellt ist, um gegen jeden Stoss gesichert zu sein. Diese Platte trägt den eben genannten Glaskasten.

Das Barometer *F* (Figur 4 Tafel XII) ist ein Heberbarometer gewöhnlicher Construction und der zugehörige Stahldraht geht in das untere, offene Ende der Röhren hinab. Das Barometer ist ebenso wie die Thermometer mit in das Glas eingeschmolzenen Platinadrähten versehen, die bestimmt sind, den Contact zwischen dem Quecksilber und einem Pole der Batterie zu vermitteln. Der andere Pol befindet sich zur Zeit der Beobachtungen in Contact mit dem Stahldrahte. Eine und dieselbe Batterie dient für die drei Instrumente.

Das Papier, auf dem die Electromagnete ihre Marken eindrücken, ist auf einem verticalen Zinkcylinder A (Figg. 3 u. 4 Taf. XI u. XII) aufgespannt, der mit Tuch überzogen ist. Diesen Cylinder entlang sind die Electromagnete (die in Figur 3 Tafel XI mit 1, 2, 3 bezeichnet sind) vertical beweglich in Führungen von Stahldraht, die in einem

Digitized by Google

Rahmen *R* aufgespannt sind. Der Cylinder wird mittelst eines Uhrwerkes (Figg. 2 und 4 Tafel XII) in Bewegung versetzt in der Art, dass jede Beobachtung in einem Abstande von etwa 3 Millimeter von der vorhergehenden registrirt wird. Es werden so die Beobachtungen während 24 Stunden auf das gleiche Papier verzeichnet. Man muss also alle 24 Stunden das Papier wechseln und es ist deshalb beim Instrument ein zweiter Cylinder zum Auswechseln.

Die Electromagnete, welche zu den Thermometern gehören, stehen mit den Stahldrähten, welche in die letzteren hineinreichen, mittelst zweier Hebel *m* und *n* (Figur 4 Tafel XII) in Verbindung, welche sich in horizontalen hermetischen Lagern an der hinteren Wand der Fassung *D* bewegen. Am Ende eines jeden dieser in die Fassung eintretenden Hebel ist der Träger angehängt, an dem der Stahldraht befestigt ist; die Aufhängung geschieht mittelst eines an dem Träger befestigten Stiftes, der auf einem andern horizontalen Stifte am Ende des Hebels aufliegt und senkrecht zum erstern und zur Längenaxe des Hebels gestellt ist. Die Schwere des Trägers senkt dieses Hebelende und das andere Ende legt sich an den Electromagnet in der Art an, dass ein horizontaler, mit dem am andern Ende befindlichen identischer Stift senkrecht gegen einen zweiten am Electromagnet befestigten Stift aufliegt (Figur 4 Tafel XII). Da die Stiften eines jeden dieser Systeme beständig aneinander liegen, so muss der Hebel und mit ihm der Stahldraht selbstverständlich in Bewegung kommen, sobald der Electromagnet sich bewegt. Die Träger der Stahldrähte gehen, wie die der Electromagnete, in verticalen Führungen aus Stahldraht, die an einem Rahmen aufgespannt sind. Da der Electromagnet und der Träger nur eine verticale Bewegung haben können und die Hebelarme einander gleich sind und auf denselben Geraden liegen, so bewegt sich der Stahldraht, wenn der Electromagnet eine Bewegung von unten nach oben erfährt, um eine gleiche Grösse von oben nach unten und umgekehrt.

Die Verbindung zwischen dem Stahldrahte, der in die Barometerröhren hinabgeht, und dem zugehörigen Electromagneten findet fast in der gleichen Weise statt. Der Hauptunterschied besteht darin, dass die Hebelarme hier in einem solchen Verhältnisse zu einander stehen, dass die Bewegung des Electromagnetes einmal grösser als die des Stahldrahtes ist und dass beide sich in der gleichen Richtung bewegen. Ausserdem sind besondere Vorsichtsmassregeln bei der Construction

Digitized by Google

dieses Hebels genommen, um das genannte Verhältniss zwischen den Bewegungen des Electromagneten und denen des Stahldrahtes bei verschiedenen Lagen des Hebels mit der grösstmöglichen Genauigkeit einzuhalten, da hier eine noch grössere Genauigkeit erforderlich ist, als bei den Thermometer-Beobachtungen. (Dieser Hebel ist in Fig. 4 Taf. XI durch *k* bezeichnet. Man sieht hier auch den Träger des Stahldrahtes.)

In der Zwischenzeit zwischen den Beobachtungen befindet sich das untere Ende des Stahldrahtes von jedem Instrumente immer in einem bestimmten Abstande über dem Quecksilber und die Beobachtungen finden alle 10 Minuten durch eine Bewegung der Electromagnete statt; der Stahldraht geht in die Röhren hinab bis er das Quecksilber erreicht, wodurch der electrische Strom geschlossen wird. Die Folge davon ist, dass die Bewegung aufhört und der Electromagnet seine Marke auf das Papier drückt. Der Strom wird unmittelbar darauf unterbrochen und der Electromagnet geht auf eine fixe Distanz zurück. Nach der Beobachtung befindet sich also das untere Ende des Stahldrahtes wieder über dem Quecksilber und zwar stets im gleichen Abstande unabhängig vom Stande des Quecksilbers. Beim Stahldraht des Barometers entspricht diese Distanz einer Variation des Instrumentes von etwa 6 Millimeter und etwa 4 Graden für die an den Thermometern. Der Draht behält bis zur folgenden Beobachtung die von ihm eingenommene Lage bei.

Da die zu den Thermometern gehörigen Stahldrähte sich immer, wie wir gesehen haben, um die gleiche Grösse wie die zugehörigen Electromagnete bewegen, so muss die Höhendifferenz zwischen zwei von einem der Electromagnete auf das Papier aufgedrückten Marken immer gleich der Differenz der Höhe der Quecksilbersäule im Thermometer für den Moment sein, in dem die Marken gemacht wurden. Es genügt also, den Temperaturgrad für irgend eine Beobachtung zu kennen, um ihn dann für alle übrigen zu bestimmen. Man bedient sich zu diesem Behufe eines Lineals, auf das die Thermometerscala getheilt ist. Ist der Apparat 24 Stunden lang in Thätigkeit, so entfernt man den Cylinder und setzt ihn auf ein eigens hiefür bestimmtes Gestell; man befestigt das Lineal mittelst zweier Klammern, so dass sein getheilter Rand an dem Cylinder anliegt und richtet es so, dass die erste Marke z. B. des Cylinders mit dem Scalentheile coincidirt, der in dem Momente bestimmt wurde, wo die erste Beobachtung markirt ward. Hat man die Zeit dieser ersten Beobachtung

Digitized by Google

notirt, so kennt man unmittelbar die Zeit einer jeden der folgenden Beobachtungen. Man dreht nun den Cylinder und liest an der Scala jede der darauffolgenden Marken ab. Die Scala ist in Fünftel Grade getheilt und man kann mit grosser Leichtigkeit bis auf Zwanzigstel schätzen. Das Ablesen der markirten Barometerbeobachtungen geschieht in derselben Weise, mit der alleinigen Ausnahme, dass an dem Maassstabe, wie an der Barometerscala selbst, ein Vernier sich befindet, um eine genaue Bestimmung zu ermöglichen. An seinen beiden Niveaus besitzt die Barometerröhre genau dasselbe Caliber und das untere Niveau gibt also die Hälfte der Variation. Da es gerade die Variation des unteren Niveaus ist, die beobachtet wird, und da die Bewegung des Electromagneten gegen die des Stahldrahtes vervierfacht wird, so stellen die am Cylinder erhaltenen Marken die doppelte Variation des Barometerstandes dar. Die Barometerscala des Maassstabes hat zu diesem Behufe doppelt so grosse Theile wie die des Barometers selbst, und die Ablesung geschieht mit grosser Leichtigkeit.

Ich gehe nun zur Beschreibung des Mechanismus über, welcher die Electromagnete auf die oben angegebene Weise in Bewegung versetzt.

Die Electromagnete 1, 2, 3 sind an Darmsaiten mit Gegengewichten aufgehängt, jeder unter einem der drei Räder a_1, a_2, a_3 (Figg. 1, 3 Tafel XI). Jedes Rad hat seinen besonderen Drehzapfen. Die Drehzapfen sind durchbohrt, um die Axe b hindurchgehen zu lassen, auf die sie mittelst dreier Kuppelungsräder c_1, c_2, c_3 aufgerückt werden können. Zwei von diesen sind immer ausgelöst, während das dritte eingerückt ist, und es sind also von den Rädern a_1, a_2, a_3 immer zwei von der Axe b freigemacht, und das dritte wird von ihr fortgezogen, nach welcher Richtung auch die Bewegung stattfinden mag; während sich so das eine der Räder a_1, a_2 a_3 bewegt, ist sein Electromagnet genöthigt, sich mit ihm zu bewegen. Durch die Rotation dieser Axe werden also, wie man sieht, die eben angegebenen Bewegungen der Electromagnete bewerkstelligt.

Die genannte Axe wird durch die beiden Räderwerke B und C (Fig. 4 Tafel XI) in Bewegung gesetzt, wovon das erste immer in die Axe eingerückt ist, das zweite nur dann, wenn es in Bewegung ist; das Kuppelungsrad d dient dazu, dieses Räderwerk ein- und auszurücken. Beide Räderwerke sind an der Seite mit Sperrung versehen. Das erste oder B überträgt auf den Stahldraht die niedersteigende, das zweite — C — die entgegengesetzte Bewegung.

Digitized by Google

Zur Regulirung der Bewegungen dieser Räderwerke dient der horizontale Hebel *f*, der um eine verticale Axe *g* beweglich ist, und ein Electromagnet, der sich über *B* befindet und in Figur 1 Tafel XI durch *e* bezeichnet ist. Der Draht dieses Electromagneten ist immer in den Schliessungskreis eingeschaltet, so lange der Strom geschlossen ist. Zwischen den Beobachtungen ist der Hebel mittelst eines kleinen Hakens *i* (Figur 2 Tafel XI) in den Rand des Zifferblattes eingehängt und wird durch den Minutenzeiger ausgelöst. Da dieser Zeiger sechs von einander gleich weite entfernte Arme hat (der Copenhagener Apparat hat deren 4), so hat dies alle 10 Minuten statt. Eine Feder setzt dann den Hebel *f* in Bewegung, der in die Sperrung des Räderwerkes *B* eingreift und ihn in die Armatur des Electromagneten *e* einhängt. Das Räderwerk *B* tritt dann in Bewegung und es muss sich so lange bewegen, als die Armatur ihre Lage beibehält. Das Kuppelungsrad c_1 ist nun eingerückt und der Electromagnet 1 muss also an der Bewegung dieses Rades Theil nehmen, ebenso wie auch der Stahldraht des Barometers. Der Strom wird nun, wie wir gesehen haben, so lange geschlossen, als der Draht das Quecksilber berührt und da der Leitungsdraht des Electromagneten sich gleichfalls im Schliessungskreise befindet, so wird dieser Electromagnet magnetisch und zieht seine Armatur an, wodurch, wie wir gesehen haben, das Räderwerk *B* arretirt wird. Gleichzeitig drückt der Electromagnet 1 seine Marke auf (während die Electromagnete 2 und 3 in Ruhe sind) und die Barometerbeobachtung ist fertig.

Da man annehmen kann, dass das Rad, während der Strom geschlossen ist, nur eine halbe Umdrehung macht, und da es deren 10,000 macht, jedesmal während das erste Rad und damit das Rad a_1, indem es den Electromagnet in Bewegung versetzt, eine zurücklegt, da ausserdem dieses letztere Rad einen Durchmesser von nicht einmal 70^{mm} besitzt, so kann die Bewegung des Electromagneten, so lange der Strom geschlossen ist, nicht mehr als $0{,}01^{mm}$ betragen; da endlich nach dem oben Gesagten die Geschwindigkeit des Stahldrahtes nur den vierten Theil von der des Electromagneten beträgt, so folgt aus Allem dem, dass man annehmen kann, dass die Bewegung des Stahldrahtes in dem Momente des Schliessens des Stromes selbst arretirt wird.

Immer ist die Hemmung des Räderwerkes mit einer besonderen Anordnung versehen, welche die Unterbrechung des Stromes erzeugt,

Digitized by Google

während der Anker vom Magnet angezogen wird. Mit der Hemmung bewegt sich ein kleiner Balancier, an dem ein Stahldraht befestigt ist, der, nachdem die Sperrung sich an die Armatur eingehängt hat, in ein Gefäss mit Qecksilber taucht, das sich zu Seite des Räderwerkes B befindet. (Diesen kleinen Mechanismus sieht man am besten in Figur 2 Tafel XI, wo das Gefäss mit r bezeichnet ist.) Sowohl dieser Stahldraht als das Quecksilber bilden Theile des Schliessungsbogens für den Strom. Nimmt die Hemmung ihre Lage wieder ein, so geht der Stahldraht aus dem Quecksilber heraus und der Strom muss also nothwendigerweise unterbrochen werden, sobald die Armatur vom Magneten angezogen wird.

Allein ausser der Arretirung des Räderwerkes B und der Unterbrechung des Stromes hat die Anziehung der Armatur durch den Magnet e noch eine andere Wirkung. Die Armatur, die durch einen Metalldraht (Figur 1 Tafel XI) in Verbindung mit der Hemmung des Räderwerkes C steht, macht dieses gleichzeitig frei. Diese Hemmung hängt sich dann in eine kleine verticale Zunge ein, das Räderwerk C kommt in Bewegung und bewegt sich ebensolange als die Zunge ihre Lage beibehält.

Wir haben oben gesagt, dass dieses Räderwerk die Drehung der Axe b in entgegengesetzter Richtung hervorbringt. Allein es muss zu diesem Behufe in die Axe eingerückt werden, um davon ausgerückt zu werden, sobald seine Bewegung aufhört. Das Räderwerk C führt selbst diese doppelte Operation aus, worauf es sich auch von selbst arretirt. Zuvor hat es immer das Räderwerk B in Bewegung versetzt, nachdem es die Lage der Kuppelungsräder c_1, c_2 und c_3 in der Art modificirt hat, dass c_2 eingerückt und c_1 ausgerückt ist und dass also der Electromagnet 2 diesmal an der Bewegung des Räderwerkes B Theil nimmt.

Alle diese Verrückungen werden von zweien der Axen im Räderwerke C erzeugt, wovon die eine einen ganzen Umlauf und die andere einen Drittelsumgang jedesmal wenn das Räderwerk in Bewegung ist, zurücklegt. An der ersten Axe, die ebenso wie die zweite durch das Gehäuse des Räderwerkes hindurchgeht, ist ein kleiner Haken befestigt, in den, so oft sich das Räderwerk in Ruhe befindet, das Kuppelungsrad d mittelst eines Hebels t (Figur 1 Tafel XI) eingehängt ist. Sowie das Räderwerk in Bewegung kommt und der Haken um einen sehr kleinen Winkel gedreht wird, wird dieses Kuppelungsrad eingerückt und die Axe b nimmt an der Bewegung des Räderwerkes Theil.

Digitized by Google

Die Zweite der genannten Axen des Räderwerkes C trägt ein Rad x, das mit drei horizontalen Stiften versehen ist. Dieses Rad befindet sich gleichfalls ausserhalb dem Gehäuse des Räderwerkes.

Während der Bewegung des Räderwerkes legt sich einer der Stiften an einen anderen verticalen an, der am Ende des oben erwähnten Hebels f sich befindet, und führt ihn mit sich, bis die beiden Stiften wieder auseinandergehen. Der ein Mal ausgelöste Hebel wird durch seine Feder ganz ebenso bewegt wie wenn er durch den Minutenzeiger ausgehängt worden wäre. Bei dieser Bewegung legt er sich an die Zunge an, in welche die Hemmung des Räderwerks C eingehängt war. Die Zunge lässt die Hemmung los und das Räderwerk wird arretirt. Bevor dies statt hat, hat aber der Haken der ersten Axe seine Umdrehung zurückgelegt und von Neuem das Kuppelungsrad d fahren lassen, und ebenso hat er, indem er in ein am Ende der horizontalen Axe u befindliches gezahntes Rad eingreift, diesem ein $^1/_{15}$ Umlauf ertheilt, der dazu hinreicht, dass drei an der Axe befestigte Räder v_1, v_2, v_3, die dazu dienen, die Kuppelungsräder c_1, c_2, c_3, zu reguliren, das Rad c_1 ausrücken und c_2 einlösen.

Allein die Wirkung der Bewegung des Hebels f beschränkt sich nicht darauf, das Räderwerk C zu arretiren, denn dieser Hebel löst nun, wie wenn er durch den Minutenzeiger ausgehängt worden wäre, das Räderwerk B aus. Alles ist neuerdings in dem gleichen Stande wie das erste Mal, wo das Räderwerk B in Thätigkeit versetzt wurde, mit dem alleinigen Unterschiede, dass nun der Electromagnet 2 und damit der Stahldraht eines der Thermometer an der Bewegung Theil nimmt; er erfährt genau die gleichen Bewegungen wie vorher der Electromagnet 1 und damit der Stahldraht des Barometers.

Hat sich das Gleiche mit dem Electromagnet 3 und dem Stahldrahte des zweiten Thermometers wiederholt, so wird der Apparat arretirt; der nun wirkende Stift des Rades x, der mehr am Rande als die anderen gelegen ist, entfernt den Hebel f auf eine genügende Distanz, um den kleinen Haken i wieder in den Rand des Zifferblattes einzuhängen, und Alles befindet sich dann in demselben Stande, wie bevor dieser Haken durch den Zeiger ausgelöst worden war. Zehn Minuten nachher wiederholen sich selbstverständlich die gleichen Bewegungen.

Da das Uhrwerk keine andere Function hat als den Cylinder zu drehen und den Haken des Hebels f auszulösen, so versteht man,

Digitized by Google

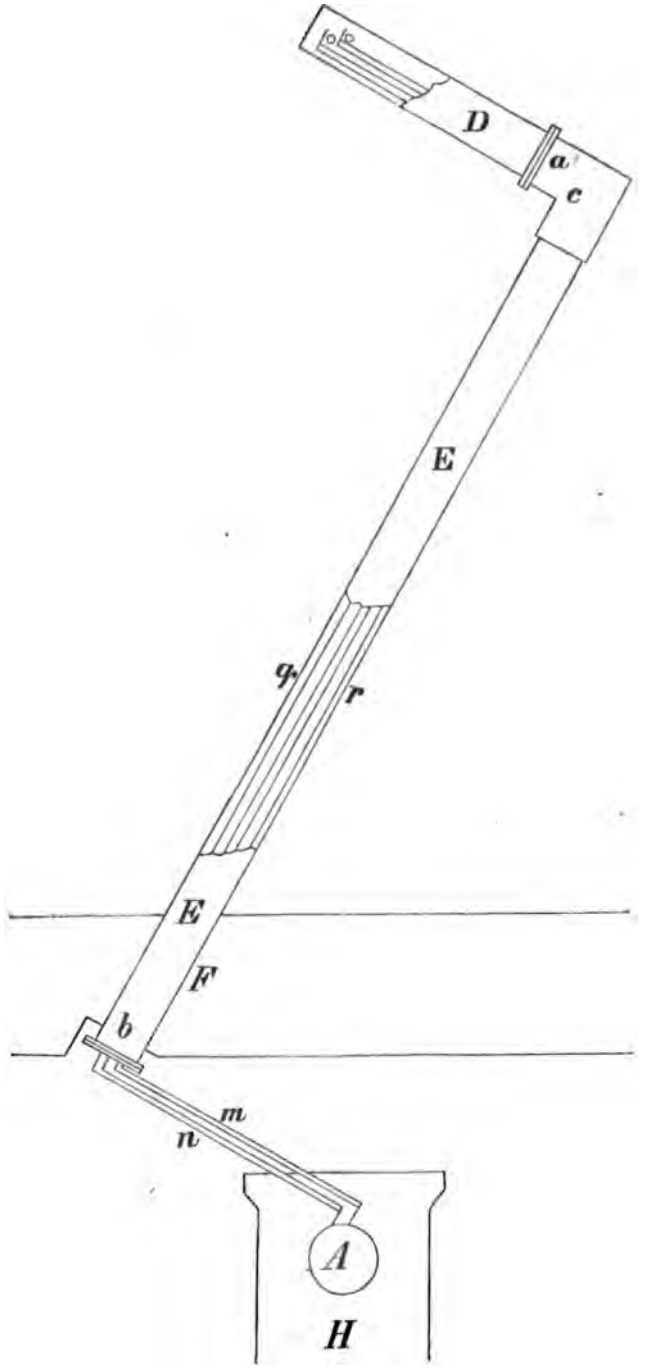
dass Alles was nöthig ist, um eine andere Zahl von Beobachtungen in der Stunde zu erhalten, ein Minutenzeiger mit einer anderen Zahl von Armen ist. Immer muss man deren wenigstens zwei haben, damit man nichts Anderes an der Construction zu ändern nöthig hat.

Der Apparat ist überdies mit einem Mechanismus versehen, der zwei Minuten vor jeder Beobachtung dem Barometer einen leichten Stoss gibt, um die Fehler zu vermeiden, die von der Adhäsion des Quecksilbers am Glase herrühren. Man sieht diesen Mechanismus in Figg. 2 und 4, Tafel XI und XII.

Der Apparat in Upsala unterscheidet sich in den folgenden Puncten von dem eben beschriebenen. So lange er nicht in Bewegung ist, ist das Räderwerk B ebenso wie C von der Axe b ausgerückt. Es wird dies mittelst Kuppelungsräder d_1 bewirkt, die mit d so combinirt sind, dass sie eingreifen, wenn diese letzteren ausgelöst werden und umgekehrt. Der Apparat ist mit einem Relais versehen, so dass der Strom, der durch das Quecksilber des Thermometers oder Barometers geschlossen wird, nicht dazu dient, den Apparat in der oben angegebenen Weise in Bewegung zu setzen, sondern nur dazu, den Strom, der diese Function vollzieht, zu schliessen. Der Zweck dieser Einrichtung ist der, die Wirkung, welche der Strom auf das Quecksilber der Instrumente ausüben könnte, auf ein Minimum zu reduciren. Es ergab sich, dass trotz der Vorsichtsmassregeln, welche man nahm, um die Bildung von Funken zu verhindern, bei dem Copenhagener Apparate sich doch welche gebildet hatten. Die Stromstärke ist nur bei dem Apparate zu Upsala durch das angegebene Mittel auf etwa ein Vierzigstel zurückgeführt worden. Man darf also annehmen, dass durch diese Modification die Gefahr der oxydirenden Einwirkung des Stromes auf das Quecksilber gänzlich beseitigt wurde.

Ausserdem befinden sich die Thermometer, wie ich schon oben angegeben habe, in einem grösseren Abstande von der Mauer. Die Construction, wodurch dieser Zweck erreicht wurde, ist in umstehender Figur in $^1/_{10}$ der natürlichen Grösse angegeben. H ist der Fuss des Apparates, A der Cylinder, auf dem das Papier aufgespannt ist, D die Zinkkapsel mit den Thermometern. Die Communication zwischen den in den Thermometer hinabgehenden Stahldrähten und den entsprechenden Electromagneten wird in der Hauptsache ganz in der gleichen Weise hergestellt wie beim Copenhagener Apparat bewerkstelligt. Wir finden hier die beiden Hebel m und n von der gleichen Länge wie

Digitized by Google



Digitized by Google

dort wieder. Die Zunahme des Abstandes wird durch lange horizontale Axen *p* und *q* hergestellt, die bei *c* und bei *b* in Lagern ruhen. Es ist klar, dass eine Modification in der Länge dieser Axen in Folge der Temperaturveränderungen weder auf die Lage des Electromagneten, noch auf die des Stahldrahtes einen Einfluss haben kann. Um bei dieser Construction wie bei der Anderen die Zinkkapsel von aller Communication mit der äusseren Luft abschliessen zu können, was ich für unerlässlich halte, sind die beiden Axen in eine hermetische Röhre *E* eingeschlossen, die bei *a* mit der Kapsel verbunden und bei *F* in die Wand eingemauert ist. Die Axen ruhen am Ende der Röhre bei *b* in hermetischen Lagern. Die anderen Lager befinden sich bei *c*.

Digitized by Google

Nachtrag, betreffend die neue Construction des Microscops.

Von

Prof. Dr. Listing.

(Vom Herrn Verfasser aus den Göttinger Nachrichten freundlichst eingesandt.)

In meinem neulichen der k. Gesellschaft vorgelegten Vorschlage zur Vervollkommnung des Microscops habe ich durch ein Beispiel in ganz abgerundeten Zahlen einen ungefähren Fingerzeig zu geben gesucht, wie auf dem vorgeschlagenen Wege die Leistung des Instrumentes wesentlich erhöht werden könne. Wenn damit die Vergrösserung vorerst auf eine vergleichungsweise mässige Ziffer, nämlich 5000, gestellt war, welche gegenwärtig noch nicht ausserhalb der Grenze dessen liegt, was auf dem bisherigen Wege bereits neuere Microscope erreichen, so möchte es nicht überflüssig erscheinen, jenem Paradigma nachträglich noch einige speciellere Entwürfe folgen zu lassen, durch welche die Erreichbarkeit von weitaus höheren Effekten evident werden soll. Ich werde hierbei Objectivsysteme voraussetzen, deren Brennweite nicht unter 1 Mm. herabgeht, wiewohl deren bereits sowohl von Powell and Lealand in London ($^1/_{50}$ inch) als von Hartnack in Paris mit kürzeren Brennweiten als 1^{mm} angefertigt werden, letztere freilich nur als Immersions-Systeme. Die Vergrösserungen beziehe ich durchweg auf die Sehweite von 200^{mm} (8 Zoll). Will man die Sehweite von 250^{mm} (10 Zoll) zu Grund legen, so hat man die Vergrösserungsziffer noch um 25 % zu erhöhen. Den letzteren Modus befolgt die Mehrzahl der Künstler bei Angabe der Vergrösserungen der von ihnen verfertigten Microscope.

Zur Erleichterung des Verständnisses schicke ich den numerischen Beispielen einige der dabei zur Anwendung kommenden dioptri-

Digitized by Google

schen Relationen voraus. Ist f die Brennweite einer Linse oder des Aequivalents eines Linsensystems, p die Objectweite, gerechnet bis zum ersten Hauptpunct, p' die Bildweite, gerechnet vom zweiten Hauptpunct, $p' : p = -m$ die lineare Vergrösserung des Bildes, verglichen mit dem Object oder mit dem als Object fungirenden zu vergrössernden Bild, wobei das negative Zeichen die umgekehrte Lage ausdrückt, falls p und p' gleiche Zeichen haben, so ist

$$p = \left(1 - \frac{1}{m}\right) f$$

$$p' = (1 - m) f.$$

Die lineare Vergrösserung m einer Linse oder einer Combination von Linsen (Lupe, Dublet, Triplet, Ramsden's oder Hughen' Ocular) welche von einem Objecte, wie im einfachen Microscop, oder von einem reellen Bilde, wie im zusammengesetzten Microscop, ein dem Auge dargebotenes virtuelles Bild erzeugen, ist für die Sehweite $\triangle$:

$$m = \frac{\triangle}{f} + 1.$$

Die äquivalente Brennweite f zweier Linsen oder zweier Linsencombination von den Brennweiten f' und f'' und einem Zwischenraum t (gerechnet von dem zweiten Hauptpunct der ersten Linse bis zum ersten Hauptpunct der zweiten Linse) ist

$$f = \frac{f' f''}{f' + f'' - t}.$$

Zur Bestimmung der Hauptpuncte der Combination, wenn das Interstitium zwischen den Hauptpuncten in beiden einzelnen Linsen durch ε' und ε'', das Interstitium für das binäre System durch ε, ferner das Intervall vom ersten Hauptpunct der ersten Linse bis zum ersten Hauptpunct der Combination durch α, das Intervall vom zweiten Hauptpunct der Combination bis zum zweiten Hauptpunct der zweiten Linse durch α' bezeichnet wird, dienen die Ausdrücke

$$\alpha = \frac{f' t}{f' + f'' - t}, \quad \alpha' = \frac{f'' t}{f' + f'' - t},$$

$$\varepsilon = \varepsilon' + \varepsilon'' - \frac{tt}{f' + f'' - t}.$$

Beispiele für die neue Anordnung des Microscops sind nun folgende:

Digitized by Google

1. Dreifaches, mit Correction für die Deckglasdicke verschenes Objectivsystem von 1 mm Brennweite. Erstes Bild in 201 mm Entfernung vom zweiten Hauptpunct. Erste Partialvergrösserung $m' = -200$. Mittelsystem, bestehend aus zwei achromatischen Linsen von je 25 mm Brennweite und einem Zwischenraum $t = 15$ mm. Die Brennweite des Mittelstücks ergibt sich = 18 mm. Ist nun p oder die Entfernung des ersten Bildes vom ersten Hauptpunct dieser Combination = 20 mm, so ergiebt sich $p' = 180$ mm für die Entfernung des zweiten Bildes vom zweiten Hauptpunct des Mittelstücks, somit zweite Partialvergrösserung $m'' = -9$. Wenden wir jetzt successive fünf verschiedene Oculare mit folgenden Brennweiten f und Vergrösserungen m''' an, wie sie ungefähr den Nummern 1 bis 5 von Hartnack entsprechen

	f	m'''
1.	70 mm	3.8
2.	50	5.0
3.	36	6.6
4.	24	9.3
5.	20	11.0

so ergibt sich die Totalvergrösserung für diese Oculare $m' m'' m''' = 1800\, m'''$, also für

Ocular 1	Totalvergrösserung	6840 mal
„ 2	„	9000 „
„ 3	„	11880 „
„ 4	„	16740 „
„ 5	„	19800 „

Die Rohrlänge würde etwa 44 Centimeter ausfallen.

Das Objectiv in der heute erreichten Vollkommenheit vorausgesetzt, wäre von Seiten des Künstlers das volle Mass von Sorgfalt auf den Bau des Mittelstücks zu verwenden. Die lineare Oeffnung der beiden Linsen wären auf 15 mm zu bringen und ihr gegenseitiger Abstand durch eine ähnliche Correctionsvorrichtung wie bei dem Objectivsystem um kleine Grössen verstellbar zu machen, wodurch das Mittel zu Gebot stände, kleine Reste der beiden Arten von Abweichungen im ersten oder sogar im letzten (virtuellen) Bild zu beseitigen oder in bester Form zu verringern. Dem ersten Bilde kommt übrigens bei der neuen Anordnung die geringere lineare Ausdehnung

Digitized by Google

wesentlich zu Statten, indem die peripherischen Theile des früher auf 20 bis 30 mm Durchmesser ausgedehnten Bildes nunmehr bis auf oder über den halben Radius ausgeschlossen bleiben. Für diesen Mitteltheil des Microscops vorzugsweise dürfte der Quarz zu empfehlen sein, combinirt mit einem niedrigen (1.61 bis 1.59) und deshalb auch beständigeren Flintglase. Die sorgfältige axiale Stellung der optischen Axe in den Quarzlinsen habe ich bereits früher betont.

2. Dreifaches Objectiv, wie im vorigen Beispiel. Seine Brennweite sei 1 mm 2. Bildweite $p' = 200$ mm. Erste Partialvergrösserung $m' = -167$. Denken wir uns nun von einem aus zwei Linsenpaaren zusammengesetzten Objectiv [1]), bestehend aus einer ersten Doppellinse von 3 mm Brennweite und 2 mm linearer Oeffnung und aus einer zweiten Doppellinse von 6 mm Brennweite und 4 mm Oeffnung, eine Copie in 6 maliger Vergrösserung der ersten und 4 maliger Vergrösserung der zweiten Linse ausgeführt und zur Herstellung des Mittelstückes verwendet, so würde dasselbe bestehen aus zwei achromatischen Linsen mit Oeffnungen von 12 und 16 mm, und Brennweiten von 18 und 24 mm. Das Intervall t sei für diese Combination $= 6$ mm, dann ergibt sich die äqu. Brennweite derselben $= 12$ mm. Setzt man nun $p = 13$ mm, so wird $p' = 156$ mm und die zweite Partialvergrösserung $m'' = -12$. Die fünf im vorigen Beispiel erwähnten Oculare auf das zweite Bild angewandt würden also ergeben

Ocular	1	Totalvergrösserung	7600 mal
„	2	„	10000 „
„	3	„	13200 „
„	4	„	18600 „
„	5	„	22000 „

Rohrlänge etwa 39 Centimeter.

3. Unter Beibehaltung des dreifachen Objectivs des vorigen Beispiels von 1,2 mm Brennweite und des binären Mittelstückes von 12 mm Brennweite bringen wir jetzt das zweite Bild in die Entfernung $p' = 180$, woraus $p = 12.86$ und zweite Partialvergrösserung $m'' = -14$, während die erste noch wie vorher $m' = -167$ ist. Das Product von -14 und -167 mit den obigen Ocularvergrösserungen gibt alsdann abgerundet für

1) binäre Objective mit ähnlichen Dimensionen kommen in guten Microscopen vor.

Digitized by Google

Ocular	1	Totalvergrösserung	8800 mal
„	2	„	11600 „
„	3	„	15400 „
„	4	„	21700 „
„	5	„	25600 „

Diese Zahlen auf die Sehweite von 250^{mm} bezogen würden heissen bezw. 11000, 14500, 19200, 27100, 32000. Die Rohrlänge wird etwa 42 Centimeter.

Das ungläubige Staunen über Vergrösserungsziffern wie 20 oder 25 tausendmal im Durchmesser dürfte zukünftig in dem Masse allmälig abnehmen, als der angestrengte Eifer der Künstler in Betretung neuer Bahnen von immer grösseren Erfolgen gekrönt sein wird. Offenbar aber erheischt gleichzeitig der Ausbau und die weitere Vervollkommnung der sog. Condenser desto grössere Aufmerksamkeit, je mehr sich die mit gesteigerter Vergrösserung nothwendig verknüpfte Verdünnung des austretenden Lichtes geltend machen wird. Die günstigste Tageshelle wird für Vergrösserungen schon von wenigen Tausend bald nicht mehr genügen und Sonnen- oder künstliches Licht in angemessener Dämpfung und Regulirung an dessen Stelle treten müssen, wie denn die Construction eigens für den microscopischen Gebrauch bestimmter Lampen bereits seit geraumer Zeit namentlich in England vielfache Fortschritte gemacht hat.

Mit dereinstiger Erzielung so starker Kräfte unserer Microscope, wie hier in Aussicht gestellt werden, tritt zugleich die Frage des microscopischen Sehens in ein fast ganz neues Stadium. Erwägen wir, dass, in obigen Zeichen zu reden,

$$\frac{dp'}{dp} = mm$$

oder, dass in dem von einem kleinen körperlichen Object erzeugten Bilde, dem wir die lineare Vergrösserung m beilegen, die mit der Microscop-Axe parallele Tiefendimension mm mal vergrössert erscheint und dass ferner Strahlenbündel, wie sie von den jetzigen starken Objectiven aufgenommen werden, 100 bis 150 mal grössere Oeffnungswinkel besitzen als beim Sehen mit blossem Auge in der Entfernung von 200^{mm}, so werden wir dem, was ich die Breite der Kanten nennen möchte, bei Steigerung der Vergrösserung weit über die jetzt gangbaren Ziffern von 300 bis 1000 hinaus, eine bei weitem grössere

Digitized by Google

Bedeutsamkeit beilegen müssen, als zeither der Fall gewesen. Gewiss dürfen wir uns die vollkommensten Kanten physischer Körper, z. B. an den bestausgebildeten Krystallen oder die Schärfe eines Rasirmessers, abgesehen von sonst noch vorhandenen Unregelmässigkeiten, als nach der Fläche eines Cylinders von kreisförmiger Basis gekrümmt vorstellen, dessen Krümmungsradius, wenn auch noch so klein, doch nicht vollkommen verschwindend ist. Bildet die Kante den Umriss eines microscopisch betrachteten Körpers, so geht die erwähnte, wenn auch noch so kleine Kreisgestalt jenes Querschnittes im microscopischen Bilde in eine Ellipse über, in der sich die in die Richtung der Tiefendimension fallende grosse Axe zur kleinen Axe verhält wie $m : 1$. Setzen wir, um die Vorstellungen zu fixiren, beispielsweise für eine im Contour gelegene möglichst vollkommene physische Kante den Durchmesser des osculirenden Cylinders gleich ein Milliontel Millimeter ($= 0\mu001$), so würde in einem 12000mal vergrösserten Microscop-Bilde an die Stelle der scharfen Kante eine sehr flach abgerundete, fast ebene Abstumpfungsfläche von 144 ^{mm} Breite treten. Beim Sehen mit Lichtkegeln von 100 oder 150mal grösserer Oeffnung als beim blossen Auge würde das scharfe Bild der als Contour fungirenden Längslinie der verbreiterten Kante, auf welche das Microscop eingestellt ist, durch die undeutlichen Bilder anderer diesseits oder jenseits des Focus liegender Längslinien der Kantenbreite nicht unmerklich gestört erscheinen und die Definition des Bildes beeinträchtigt sein, ein Einfluss, für welchen optisch keine völlige Abhülfe möglich. Ohne hier tiefer in diese Frage einzugehen, leuchtet schon aus dieser kurzen Andeutung ein, dass wir in der Vervollkommnung des Microscops bis zu solchen Graden, wie sie hier zur Sprache gebracht werden, wesentlich mehr auf realisirbare Fortschritte des Auflösungsvermögens als der Definition werden rechnen dürfen. Den Anforderungen in letzterer Beziehung genügen in der Regel schon unsere heutigen Microscope bei den bisher in Gebrauch stehenden Vergrösserungen, und soll, wie dies specielle, z. B. anatomische Zwecke bei der Anwendung des optischen Werkzeuges rforderliche machen können, die Definition und mit ihr die mindere Beschränkung der Wahrnehmbarkeit der Structurverhältnisse des Objects in mässiger Tiefenerstreckung bei gesteigerter dioptrischer Kraft in vorzüglicherem Grade als das Auflösungsvermögen berücksichtigt werden, so kann dahin nur durch Beschränkung des Oeffnungswinkels hingearbeitet werden, dessen Er-

Digitized by Google

weiterung zeither vorzugsweise als das wesentlichste Mittel zur Steigerung der Penetration angesehen worden ist. Ueber bis jetzt unlösbare Fragen aber hinsichtlich des Details im Bau und der Textur organischer wie unorganischer Körper verspricht die Förderung des Auflösungsvermögens der Microscope auf dem in Rede stehenden neuen Wege wesentliche Aufschlüsse.

Die Besprechung der Einrichtung accessorischer Bestandtheile zu möglichst vollständiger Verwerthung der gemachten Vorschläge muss ferneren Mittheilungen vorbehalten bleiben.

Digitized by Google

Die electrische Minenzündung und der magneto-electrische Minenzündapparat von Breguet.

Von

E. Keller, Artillerielieutenant.

(Mit 2 Holzschnitten.)

Die Wärmewirkungen, die sich auf electrischem Wege, sei es durch Entladung, Galvanismus oder Induction, erzielen lassen, finden ein Feld reicher Thätigkeit in der Zündung von Sprengladungen und haben in ihren Resultaten, Dank zahlreichen und consequenten Versuchen, einen beträchtlichen Grad von Vollkommenheit erreicht. Die Ausdauer und Ausgiebigkeit, in welcher man diese Frage ventilirte, findet ihre Erklärung in den zahlreichen und theilweise bedenklichen Mängeln der ältern Zündmethoden (mit Zündwurst, Stuppine, Percussion).

So verbürgt keine dieser Methoden im Voraus die Sicherheit des Erfolges, wenn nicht die Sprengung unmittelbar nach der Anlegung der Leitung erfolgt; jede ist mit Gefahr für die damit Beschäftigten verbunden, indem die Explosion zu früh oder zu einer Zeit eintreten kann, wo man dieselbe nicht mehr erwartet. Die Verdämmung von Minen kann nicht so fest hergestellt werden, dass nicht dadurch die Wirkung der Mine beeinträchtigt, oder dass — selbst wenn man diesen Nachtheil durch entsprechende Erhöhung der Ladung neutralisirt — nicht der Eintritt in die Mine durch die reichlich hervorquellenden Gase auf längere Zeit unmöglich gemacht wird; Sprengungen unter Wasser sind mit unendlichen Schwierigkeiten verbunden, ohne die Sicherheit des Gelingens über eine sehr zweifelhafte Stufe zu erheben; gleichzeitige Sprengungen sind geradezu unausführbar; die Kosten der Herstellung der Leitung sind sehr beträchtlich; die Vorbereitungen endlich erfordern einen namhaften Aufwand an Zeit und Arbeitskräften.

Digitized by Google

Diese Nachtheile zu beseitigen, war das Endziel der zahlreichen, auf electrischem Wege angestellten Minenzündversuche, die sich nahezu aller Mittel bedienten, welche das physicalische Kapitel der „Electricität" erörtert; nämlich der Reibungselectricität mit und ohne Condensator, der Volta'schen Kette, der electro-magnetischen und endlich des magneto-electrischen Inductionsstromes.

Die erste Idee, die Reibungselectricität zum Zünden zu verwenden, hat Gillot in seiner: Traité sur la guerre souterraine angegeben, allein erst 1832 wurden darüber grössere Versuche durch den französischen Ingenieurlieutenant Fabien angestellt. Snow Harris soll 1823 mit einer Electrisirmaschine Pulver entzündet haben. Thomson, Abel, Wheatstone, Armstrong, Gätschmann, Varrentrapp und besonders v. Ebner (Oberst im k. k. öst. Geniestab) haben in neuerer und neuester Zeit diese Methode zum Object zahlreicher Versuche gemacht und theilweise durch sinnreiche Constructionen zu der ihr möglichen Vollkommenheit erhoben.

Die hiezu verwendeten Apparate waren verschiedene Electrisirmaschinen, meist mit Glas-, mitunter auch mit Hartgummischeiben (nur Abel und Wheatstone erprobten die Armstrong'sche Hydroelectrisirmaschine, welche sich aber nicht als durchweg brauchbar erwies) und wurden von den schwersten bis zu den leichtesten (v. Ebner 17 Pfund schwere Maschine) Exemplaren in Probe genommen; die Patrone zeigte in einer möglichst wasserdichten Hülse 2 einander gegenüberstehende Drahtspitzen, welche die Verlängerung der von den Conductoren ausgehenden Leitungsdrähte bildeten.

Diese Zündmethode, so gute Resultate sie manchmal gab (Ebner zündete auf 4 Meilen Entfernung, ein anderes Mal 50 Minen in Einer Kreisleitung, die nächste war 350′ vom Apparate entfernt; ferner 36 Minen 6′ unter Wasser, 20 Stunden nach ihrer Legung in der Donau), hat vor Allem den grossen Nachtheil, dass ihre Wirksamkeit sehr von meteorologischen Einflüssen abhängt, bei sehr feuchter Luft, Regen ganz aufhört; ein anderer Nachtheil ist, dass leicht Beschädigungen am Apparate vorkommen, diese aber nur von einem Mechaniker reparirt werden können, und dass ein wirksamer Apparat sehr schwer zu transportiren ist. Diese Nachtheile werden durch die Vortheile der geringen Anschaffungs- (80—150 fl.) und Unterhaltungskosten (bei 100-maligem Gebrauch kaum 1 fl.) nicht aufgewogen.

Die Zündmethode durch den Voltaischen Strom bedient sich der

Digitized by Google

Glühwirkung des electrischen Stromes. Die erste zu diesem Zweck construirte Vorrichtung war Hare's Deflagrator, eine Kupferzinkbatterie, welche erst im Momente der Sprengung in die Anregungsflüssigkeit getaucht wurde. Später machte Robert in Glasgow mit der Daniell'schen Kupferzink- und mit der Eisenzinkkette in dieser Richtung Versuche, welche von Schmidhuber, Frischen und Pasley bis zu sehr anerkennenswerthen Resultaten fortgeführt wurden und auch auf militärischer Seite ihre Pendants fanden. Schon 1829 stellte Russland mit der Daniell'schen, später England, Preussen, Frankreich mit dieser und der Bunsen'schen Kette, Sachsen mit der Grove'schen Batterie, Holland (zu Herzogenbusch 1838) mit dem Wollaston'schen Tragapparate militärische Versuche an. Ihnen folgte Frankreich (zu Montpellier 1844) mit der Kohlenzinkkette; Bayern (1850) mit dieser und der Daniell'schen Batterie. Die Patrone enthält einen im Leitungsdraht eingeschalteten Glühdraht, welcher im Zündsatze liegt.

Die Vortheile dieser Zündmethode sind die geringen Anschaffungskosten, die leichte Behandlung der Batterie und deren anderweitige Verwendbarkeit (Beleuchtung, Telegraphie etc.), die Nachtheile aber die Transportschwierigkeit der Batterien, besonders der Flüssigkeiten, die grossen Unterhaltungskosten (10—11 fl. bei 100-maligem Gebrauche) und die nothwendige sorgfältige Isolirung der Leitungen.

Die Methode, durch electro-magnetische Induction zu zünden, wurde zuerst vom span. Obersten Verdu aufgestellt, von Savare weiter ausgebildet und bei den Hafenbauten von Cherbourg durch Dussaud und Rabattu mit Erfolg angewendet. Besonders sorgfältige Unterstützung stellten 1857 und 1858 Abel und Wheatstone mit einem hiezu eigens von Ruhmkorff construirten Apparate an.

Die vorhergehenden Versuche bedienten sich des Ruhmkorff'schen Inductionsapparates nur in vereinfachter Gestalt; als Patrone wurde meist die Statham-Patrone verwendet.

Diese Zündungsmethode ist ziemlich einfach, der Apparat nimmt einen kleinsten Raum ein und ist nicht leicht Beschädigungen ausgesetzt, die Anschaffungs- (50—70 fl.) und die Unterhaltungskosten (3—4 fl. bei 100-maligem Gebrauche) sind nicht sehr hoch. Dagegen besteht das Ganze schon aus 2 gesonderten Apparaten, deren einer in seiner Function vollkommen von der Isolation der Nebenspirale abhängt, Reparaturen können nur von einem Mechaniker vorgenom-

Digitized by Google

men und nach dem Ergebniss der Versuche mit Sicherheit nicht mehr als 1 Object gezündet werden.

Die Zündung durch den magneto-electrischen Strom ist besonders durch Stöhrer, Kuhn untersucht und war Gegenstand bedeutender Versuche zu Chatam und Woolwich, bei welchen auch über die beste Zündmischung der Patrone umfassende Experimente angestellt wurden. Die hiebei benützten Apparate waren ein grosser Hebelmagnet nach Henley, später Wheatstone's „magnetischer Entzünder", die Patronen Abel'sche „Minenzünder".

Diese Apparate sind ziemlich complicirt und namentlich von bedeutendem Gewichte, ihre Leistungen sind nach den Versuchen geringer als die der vorhergehenden Vorrichtungen; ihre Unterhaltungskosten kommen zwar kaum in Betracht, dagegen sind die Anschaffungskosten relativ die grössten.

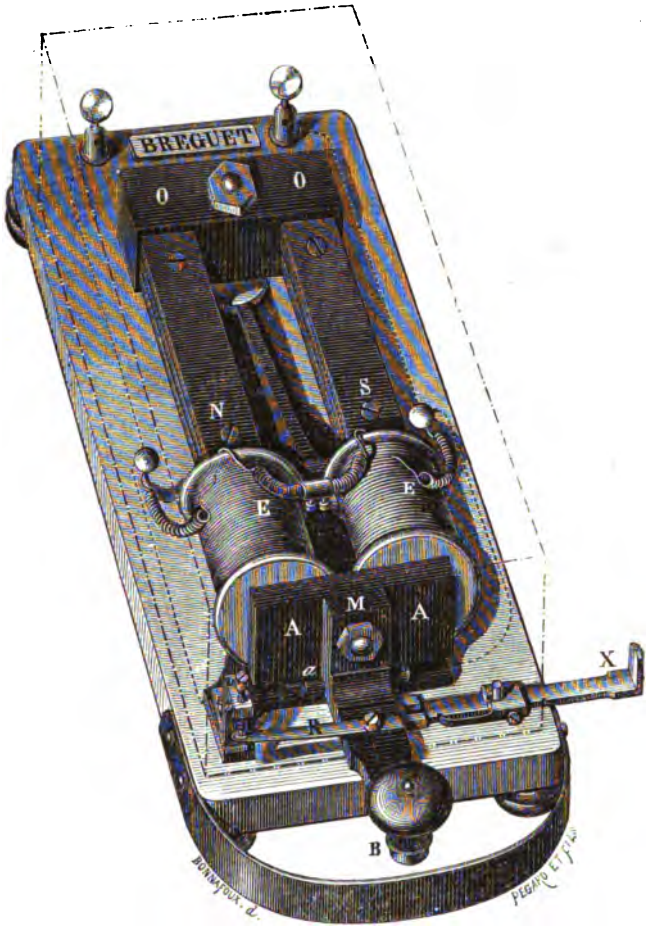
Von den in neuester Zeit zu diesem Zwecke construirten Apparaten gehören zwei in die letzte Categorie: der dynamo-electrische Apparat (von Siemens) und der magneto-electrische Apparat von Breguet in Paris. Wenn nun diesem letzteren hier eine besondere Aufmerksamkeit geschenkt wird (der erstere findet sich bereits im IV. Band pag. 65 beschrieben), so geschieht es, weil er einerseits eine ganz neue Erscheinung ist, anderseits sich durch verschiedene Vorzüge auszeichnet, die ihm nicht nur unter den magneto-electrischen, sondern auch unter allen Minenzündapparaten eine ehrenvolle Stelle präjudiciren.

Der magneto-electrische Minenzündapparat von Breguet in Paris beruht auf den Sätzen, dass durch das Magnetischwerden eines Eisenkerms in der Umwicklungsspirale desselben ein inducirter Strom entsteht; und dass, wenn man die Pole eines Magneten durch einen Anker verbindet, die Polarität desselben aufhört, aber nach Abnahme des Ankers wieder auftritt.

Der Apparat besteht demnach aus einem starken dreifachen Stahlmagneten S, N, O, vor dessen Polen Cylinder von weichem Eisen, umgeben von den Inductionsspiralen $E\,E$, angebracht sind. Diese werden sonach gleichfalls polarisch-magnetisch, sie bilden nun gewissermassen eine Verlängerung des permanenten Magneten[1]); sie

1) Diese Anordnung hat ihren Grund darin, dass ein permanenter Magnet durch das Abreissen seines Ankers stets eine Schwächung erfährt; sonst hätten die Inductionsspiralen gleich an den Polen des Stahlmagneten angebracht werden können.

Digitized by Google



Figur 1.

verlieren sonach auch ihren Magnetismus dadurch, dass ein Anker ihre vom Magneten abgewendeten Pole verbindet. Dieser Anker *A A* besteht aus einem starken Eisenstück, auf dessen äusserer Seite eine Platte *M* angeschraubt ist, welche sich dann rechtwinklig abbiegend und hier am Knie um eine horizontale Axe *a* drehbar in einen Taster *B* endigt, so dass ein Druck auf den Tasterknopf die Entfernung des Schliessungsankers bewirkt. Eine federnde Stahllamelle *R*, an der Verbreitung des Tasterhebels angeschraubt, steht mit einer Stellschraube und mit dem Träger derselben durch ein Platinplättchen in Contact. Eine unter dem Tasterhebel angebrachte Feder hat den Zweck, denselben immer wieder rasch in die Höhe zu drücken.

Der ganze Apparat ist durch zwei eiserne Träger auf einem Brette

Digitized by Google

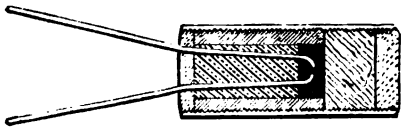
befestigt, welches auf seiner untern Seite die Stromleitungen enthält. Das eine Ende des Inductionsdrahtes steht in einer Schraube bei *N*, das andere bei *S*. Von beiden Schrauben gehen Kupferdrähte nach den beiden Klemmschrauben. Ferner steht der Träger der Stellschraube durch einen Draht mit der Schraube bei *N*, das Messinglager *a* der Tasteraxe mit der Schraube bei *S* in Contact. Der ganze Apparat ist durch ein Kästchen überdeckt, welches nur den Tasterknopf austreten lässt und Beschädigungen bei der Behandlung verhindert. Das Ganze kann an einem ledernen, durch Holzschrauben auf dem Standbrett des Apparates befestigten Tragriemen getragen werden.

Das Gewicht des Apparates ist 13 Pfund, der gegenwärtige Preis 150 Frcs.

Bezüglich der Stromläufe finden wir im Apparat deren zwei. Der eine geht von *E* nach der Schraube, dann durch die Stellschraube, die Feder *R* zum Taster, endlich vom Lager *a* des Tasters wieder nach *E* zurück, (I); der andere (II) geht von *E* direct durch die Klemmschrauben zur Hauptleitung und von da wieder durch eine Klemmschraube nach *E* zurück.

Wird nun durch einen Schlag auf den Taster der Anker abgerissen, so entsteht ein magneto-electrischer Inductionsstrom, der, so lange die Feder *R* noch in Contact mit der Stellschraube bleibt, den Stromlauf I verfolgt; sobald aber — im Verlaufe des Schlages — auch die Feder *R* sich von ihrem Contacte trennt, entsteht ein kräftiger Extrastrom, der nun (II) in die Mine gelangt. Da die Wirkungen der Ströme auf einem Schweiger'schen Multiplicator nur eine äusserst geringe war, liessen sie sich auf Grund der hiebei gefundenen Ablenkungen nicht vergleichen; dagegen zeigen die physiologischen Wirkungen allerdings einen wesentlichen Unterschied zwischen dem Strom, der entsteht, wenn der Stromlauf I unterbrochen ist, und jenem erstern.

Der Strom gelangt nun durch die Leitung in die Patrone. Diese (Figur 2) besteht aus einer starken Messinghülse, in welche ein hohlcylindrischer Holzpfropf eingeschraubt ist. Durch diesen geht eine Kupferdrahtschlinge, welche in ihrer Mitte die Unterbrechungsstelle enthält; die Enden treten aus der Patrone heraus und sind in dem Holzpfropf durch



Figur 2.

Digitized by Google

Schwefeleinguss befestigt. Die um die Unterbrechungsstelle bleibende kleine Höhlung ist mit Zündsatz ausgefüllt, endlich das obere Ende mit einem massiven Holzpfropf verschraubt und beide Enden der Patrone mit Gyps (bei neueren mit Glycerin) gedichtet.

Die von mir angestellten Versuche bezogen sich auf die Leistungsfähigkeit des Apparates und auf einen Vergleich desselben mit dem dynamo-electrischen von Siemens. Die Leitungsdrähte waren nur durch umsponnene Wolle, die Verbindungsstellen gar nicht isolirt, und lagen auf dem Erdboden. Es wurde zuerst eine Patrone auf 108′ Entfernung, dann auf dieselbe Entfernung eine Patrone unter Wasser entzündet. Das nächste Object war eine Patrone unter die Erde vergraben, sie sprang auf dieselbe Entfernung. Hierauf wurden 3 kleine Flatterminen flüchtig angelegt, geladen und in eine Kreisleitung von ungefähr 200′ Drahtlänge gebracht. Zwei davon sprangen, die dritte konnte nach einem abermaligen Versuche erst mittelst des dynamo-electrischen Apparates gezündet werden. — Die nächste Versuchsreihe beschäftigte sich mit den Maximalleistungen der beiden Apparate. Unter Controle durch den Schweiger'schen Multiplicator wurden sämmtliche Windungen (76 Meter Neusilberdraht von $\frac{1}{3}$‴ Dicke = 840 Meter Kupferdraht von gleicher Dicke) eingeschaltet. Keiner von beiden Apparaten zündete. Bei einem Widerstand von 70 Meter zündeten beide. Unter dieser Widerstandslänge wurden nun 3 Patronen eingeschaltet; während der electro-magnetische Apparat versagte, zündete der dynamo-electrische zwei davon. Als der Widerstand auf 65 Meter verringert wurde, wurden vom dynamo-electrischen Apparate 6, vom magneto-electrischen 5 Patronen in Einer Kreisleitung gezündet. Der Schweiger'sche Multiplicator erreichte beim dynamo-electrischen Apparat eine mittlere Ablenkung von 1,5, beim magneto-electrischen von 1,0 Grad.

Bei der dritten Versuchsreihe wurden zwei Flatterminen bei nicht sorgfältiger Isolation des Leitungsdrahtes und bei einer Länge der Leitung von 240′ (hin und zurück) sofort durch den magneto-electrischen Apparat gleichzeitig gezündet; als hierauf drei Flatterminen in Einer Kreisleitung — mangelhaft isolirt[1]) — eingeschaltet wurden, wurden die beiden äussern sofort, die mittlere gar nicht durch den magneto-electrischen Strom gesprengt, konnte jedoch dann durch den dynamo-electrischen Apparat — aber erst bei der dritten Ladung —

1) Zu einer sorgfältig isolirten Leitung fehlte Zeit wie Material.

Digitized by Google

entzündet werden. Es wurden hierauf 10 Patronen — bei der nämlichen Leitungslänge — in Eine Kreisleitung eingeschaltet; hievon wurden durch den magneto-electrischen Apparat 6 zu gleicher Zeit gesprengt, während jene 4, durch welche der Strom gegangen war, ohne zu zünden, in der ganzen Reihe vertheilt war. Eine Reihe von 10 neuen Patronen wurde in den dynamo-electrischen Apparat eingeschaltet; es sprangen hievon 7; die drei übrig bleibenden befanden sich in der Mitte. Als endlich sämmtliche (7) Patronen, welche versagt hatten, mit noch 4 neuen in Eine Kreisleitung gebracht wurden, wurden sämmtliche durch den magneto-electrischen Apparat gleichzeitig entzündet.

Damit schlossen — weil die Patronen ausgegangen waren — einstweilen die Versuche.

Soll es versucht werden, aus den Ergebnissen jener Experimente Consequenzen zu ziehen, soweit sich selbe als wahrscheinlich ergeben, so möchte sich Folgendes als Resultat aufstellen lassen:

1) Die Stromstärke ist im Allgemeinen beim dynamo-electrischen Apparate grösser als beim magneto-electrischen. Sie hängt jedoch bei ersterem von der Anzahl der Umdrehungen, bei letzterem von der Intensität des Schlages auf den Taster ab[1]).

2) Bei einer Leitung von 400′ im Ganzen können mindestens zwei Objecte mit vollkommener Sicherheit gleichzeitig gezündet werden.

3) Die Wiederholung eines Zündungsversuches kann beim magneto-electrischen Apparate rascher erfolgen, als beim dynamo-electrischen.

4) Bei geringerem Leitungswiderstande und sorgfältiger Isolation können leicht 4—6 Objecte gleichzeitig gezündet werden.

5) Beide Apparate sind in ihren Wirkungen gegen meteorologische Einflüsse gleich unempfindlich; dagegen sind äussere Einwirkungen und Beschädigungen dem dynamo-electrischen Apparate nachtheiliger.

---

1) Die Stromstärke kann beim Breguet'schen Apparate durch einen stärkeren Magneten vergrössert werden. C.

Digitized by Google

6) Die Construction des magneto-electrischen Apparates von Breguet ist weitaus die einfachere, Reparaturen werden kaum je daran nöthig und können durch das Mitführen einer Reservespirale ganz erspart werden, zudem ist seine Manipulation eine so ausserordentlich einfache, dass sie dem ungeschicktesten Menschen anvertraut werden kann.
7) Dem Preise nach ist der Apparat von Breguet um die Hälfte billiger.

Aus diesen Ergebnissen folgt, dass wir es mit einem Apparate zu thun haben, welcher sich ebenbürtig seinen Vorgängern anreihen darf. Er zündet auf Entfernungen, welche für Kriegsminen als maximale gelten können, 2—6 Objecte gleichzeitig, und gestattet durch sein geringes Volumen und durch seine ausserordentliche Handsamkeit, ihn überall mitzuführen. Er ist gegen physicalische wie mechanische Einflüsse unempfindlich und functionirt mit einer grossen Sicherheit; auch bedarf er mit Ausnahme der Patronen und der einfachsten Werkzeuge keine Utensilien zu seiner allseitigsten Bedienung.

Das bei den Untersuchungen benützte Instrument ist direct vo Breguet bezogen und weicht nur darin von der Zeichnung ab, dass der auf der Zeichnung mit X bezeichnete Theil daran fehlt. Sollte noch eine Aenderung daran wünschenswerth sein, so wäre es die, dass die Stromläufe, die offen an der untern Seite des Bodens eingelassen sind, besser geschützt und das Kästchen, welches den ganzen Apparat bedeckt, verschliessbar gemacht würde. Die Feder, welche bestimmt ist, den Taster wieder aufwärts zu drücken, dürfte füglich ganz entbehrt werden können, da der Magnetismus, der den Anker wieder an sich zieht, stark genug sein dürfte, sie zu ersetzen; soll sie jedoch den Zweck haben, den losgelassenen Taster behufs rascher Wiederholung eines Versuches schnell wieder zu heben, so dürfte sie stärker gehalten werden, als am vorliegenden Apparate, um so mehr, als sie der einzige Theil ist, der eine Beschädigung erfahren könnte[1]).

1) Der Apparat kann durch die physikalische Anstalt des Herausgebers bezogen werden.

Digitized by Google

Anhang.

Literatur über Minenzündung.

Allgemeine Encyclopädie der Physik (Kuhn, Angewandte Electricitätslehre). Bd. XX.

Kuhn Dr. Carl, Ueber die Benützung von electrischen und Volta'schen Apparaten zum Zünden von Minen und Sprengladungen.

Jochmann, Fortschritte der Physik 1861; 1864.

Du Moncel, Exposé de l'application de l'électricité vol. III.

Sitzungsberichte der mathematisch-naturwissenschaftlichen Classe der kaiserlichen österreichischen Akademie der Wissenschaften Bd. XXI.

Comptes rendus, April 1853, Mai 1854, Juni 1854.

Ebner v., Ueber die Anwendung der Reibungselectricität. Wien 1856.

Archiv für die Officiere der k. preuss. Artillerie- und Ingeniercorps Bd. 9, 18, 34, 36, 51, 53, 54.

Dingler's polytechnisches Journal Bd. 42, 51, 73, 84, 85, 87, 90, 98, 99, 101, 106, 123, 124, 128, 130, 133, 135, 139, 144.

Corréard, Journal des armes spéciales 1862 vol. III, 1863 vol. III.

Digitized by Google

Ueber eine Reproduction der Siemens'schen Widerstands-Einheit.

Von

Fr. Dehms, Telegraphen-Secretär in Berlin.

(Hiezu Tafel XIII.)

Herr Dehms hat in der Zeitschrift des deutsch-österreichischen Telegraphenvereines — Jahrgang XV — die Methoden veröffentlicht, die er bei einer Reproduction der Siemens'schen Widerstandseinheit in Anwendung gebracht hat.

Die ganze Arbeit, wovon wir im Folgenden unseren Lesern einen Auszug geben, zerfällt in 4 Abtheilungen, nämlich:

1) Bestimmung der Länge der Normalröhren,
2) Bestimmung des Querschnittes derselben,
3) Berechnung des Widerstandes derselben, und
4) Messung anderer Widerstände nach den Normalen, womit eine Vergleichung der letzteren unter sich verbunden wurde.

I.

Bestimmung der Länge der Normalröhren.

Für diese Bestimmung diente als Normalmaass ein Messingcylinder von circa 20^{mm} Durchmesser mit senkrecht gegen die Axe abgedrehten Endflächen. Die Länge dieses Stabes war von *Brix* 1^{m},000055 bei 0^{0} oder 1^{m} bei — 3^{0} festgestellt worden. Mit diesem Stabe wurden die Normalröhren in folgender Weise verglichen. Etwa 50^{mm} von den Enden wurde der Stab *M* (Figur 1) von je einem halbkreisförmigen starken Messingbügel *A*,*B* umgriffen. Zwei einander gegenüber in den Bügel gesetzte zugespitzte Stahlschrauben bohrten sich beim Anziehen in den Stab ein und hielten den Bügel fest. Ueber die beiden Schrauben des Bügels *A* war ein Galgen *C* ge-

Digitized by Google

setzt, welcher etwa 10 mm über den Stab *M* hinausragte und dazu diente, um mittelst einer Schraube *D* die sorgfältig vernickelte plangeschliffene Messingplatte *E* gegen die Endfläche des Maassstabes anzudrücken.

Die Glasröhre, welche verglichen werden sollte, wurde nun auf den Cylinder gelegt und durch 6 beide umfangende Gummiringe *G* festgehalten, nachdem sie mittelst eines Lineales gerade gerichtet war. Die Gummiringe waren so umgelegt, dass die Röhren gegen die Platte *E* angepresst wurde. Am anderen Ende des Stabes waren über die Schrauben des Bügels *B* Spiralfedern *K*,*K* gesetzt, deren zwei Oesen an ein und denselben starken Messingdraht *N* angelegt waren. Dieser Draht war an einem Stück schwarzer Masse *J* befestigt, in dessen schwalbenschwanzförmige Nuth eine durchaus plangeschliffene, fein polirte und gut vernickelte Messingplatte *F* geschoben war. Durch den Zug der beiden Federn wurde also die Platte *F* an die eine Endfläche des Stabes, sowie durch den Galgen *C* und die Schraube *D* die Platte *E* gegen die andere Endfläche gedrückt. Das Ganze wurde in Wasser eingelegt, dessen Temperatur man variirte und beobachtete, und es konnte so der Längenunterschied zwischen dem Stabe und der Röhre variirt werden. Da die Röhren sowie der Stab fast genau 1000 mm lang waren, so konnte bei dem grossen Unterschiede der Ausdehnungs-Coefficienten von Messing und Glas innerhalb bequem zu beobachtender und festzuhaltender Temperaturen die Länge des Stabes der des Glases gleich gemacht werden und wurde der Versuch nur auf Ermittelung dieser Temperatur gerichtet.

Da sich die zuerst versuchten Beobachtungen mittelst Spiegelablesung als zu beschwerlich und anstrengend ergeben hatten, so versuchte Dehms den electrischen Contact zur Messung zu benützen. Zu diesem Behufe wurden zwei Stücke von einem sehr sorgfältig gezogenen Platindraht zwischen die Platte *F* und die Endfläche des Maassstabes gelegt, so dass die Platte um den Drahtdurchmesser vom Maassstab entfernt gehalten wurde. An der schwarzen Masse *J* wurde, von *F* isolirt, eine Messingfeder *H* so befestigt, dass sie um *J* herumgriff und ein an beide Enden der Feder *H* angelöthetes Stück *L* desselben Drahtes dicht vor der plangeschliffenen Fläche von *F* straff angespannt war. Beim Anhaken der Vorrichtung wurde Sorge getragen, dass der Draht *L* mitten vor dem Glasrohre stand, so dass also, wenn das Rohr kürzer ist als der Stab, der Draht *L* von *F*

Digitized by Google

isolirt ist, aber in dem Moment, wenn beide gleich lang sind, durch das Rohr mit einer Kraft gleich der Spannung beider Federn an F angedrückt wird. Dieser Contact bleibt bestehen, wenn das Rohr länger wird als der Stab (nur wird dann die Platte F um den einen der beiden zwischen-geschobenen Drähte gedreht und bleibt nicht mehr der Endfläche des Stabes parallel).

Zwischen den Draht L und der Platte F wurde ein Daniell'sches Element, ein Schlüssel, ein Wecker und ein Galvanoscop eingeschaltet. Der Maassstab mit der Glasröhre und der Contactvorrichtung kam in einen langen Zinktrog von circa 100 mm Breite und 150 mm Höhe mit doppeltem Boden, der mit Asche umfüttert in einem Holztroge stand. Der Raum unter dem doppelten Boden communicirte an einem Ende des Troges mit dem Raum über ihm und war am anderen Ende durch einen Trichter erreichbar. Es wurde unablässig an diesem Ende Wasser aus dem oberen Theile des Troges in den Trichter geschöpft und ausserdem noch das Wasser im Troge durch einen Spatel bewegt, so dass die ganze Wassermasse gleichmässige Temperatur besass. Erwärmung wie Abkühlung geschah sehr allmählig durch Zufügen von etwas wärmerem oder kälterem Wasser. War das Glasrohr zu kurz, also Abkühlung nöthig, so wurde der Schlüssel niedergeschraubt. Der nahe bevorstehende Contact machte sich dann, schon wenn die Temperatur noch etwa $0^0,3$ zu hoch war durch eine Ablenkung des (sehr empfindlichen) Galvanoscops um etwa 20^0 bemerklich. Sowie der Contact erreicht war, ging die Nadel von da plötzlich bis zur Hemmung unter gleichzeitigem kräftigen Ansprechen des Weckers. War der Stab länger als die Glasröhre, also Erwärmung nöthig, so blieb der Schlüssel offen und wurde nur für den Moment gedrückt, jedesmal wenn die Temperatur etwa $0^0,1$ gestiegen war, um sich zu überzeugen, ob der Contact noch stattfand oder schon unterbrochen worden war.

II.

Bestimmung des Querschnittes der Glasröhren.

Wenn auch die Siemens'sche Reproductionsmethode nicht völlig cylindrische Glasröhren erforderlich macht, so war es doch wünschenswerth, dass die Röhren ihren Querschnitt wenigstens nicht allzusehr und nicht allzuplötzlich ändern, eine Bedingung, der die angewendeten

Digitized by Google

Röhren genügten. Um nun den mittleren Querschnitt der Röhren zu bestimmen, wurde das Gewicht des die Röhre bei einer bekannten Temperatur genau füllenden Quecksilbers ermittelt und aus diesem und der bekannten Röhrenlänge der mittlere Querschnitt berechnet. Das Füllen und Entleeren der Glasröhren wurde nach der von Siemens angegebenen Methode ausgeführt, mit dem einzigen Unterschiede, dass der beim Entleeren im Ende der Röhre sitzenbleibende Quecksilbertropfen (statt durch Anklopfen und Aufstossen) dadurch herausgetrieben wurde, dass am anderen Ende ein kurzes Stück Gummischlauch aufgesetzt und ein wenig zusammengedrückt wurde.

Bei den Wägungen selbst wurde dagegen ein von dem früheren abweichendes Verfahren befolgt. Einerseits traute ich nämlich weder der zu meiner Verfügung stehenden Wage, noch auch viel weniger den gerade disponiblen Gewichten, und andrerseits war es mein Wunsch, mich selbst, oder auch Andere, die sich etwa dazu bewogen fühlen möchten und vielleicht genauere Hilfsmittel dazu besitzen, in den Stand zu setzen, die Wägungen zu wiederholen, ohne die beschwerlichen Füllungen vornehmen zu müssen, ja ohne nur die Röhren zu besitzen. Da es weniger die Empfindlichkeit als vielmehr die Genauigkeit der Wage war, die ich bezweifelte, so konnten deren Fehler durch Wägung mittelst Substitution eliminirt werden, und eine beliebige spätere Wiederholung der Wägungen, unabhängig von den Fehlern meiner Gewichte, sowie vom Stande des Barometers und Hygrometers wurde ermöglicht durch eine Copirung des Quecksilberinhalts in einem Material von gleichem specifischen Gewichte, wie es das Quecksilber hat.

Zur Ausführung dieser Copirung wurde zuvörderst für jede Glasröhre hergestellt:

1) ein Stück Blei, dessen Gewicht dem des Quecksilbers nahe kam, und
2) zwei Stücke Silber und Platin, deren Gesammtgewicht ebenfalls dem des Quecksilbers entsprach und deren (Gewichts-) Verhältniss 1 : 0,765 war, so dass das mittlere specifische Gewicht beider dem des Quecksilbers ganz gleich wurde.

Ausserdem wurden angewendet 2 Porcellantiegel, deren Gewichtsunterschied nur etwa 18^{mgr} betrug und 2 Centigrammstücke, die vorher noch besonders geprüft waren (und deren eines als Reiter fungirte).

Jede Wägung war eine doppelte, einmal wurde mit Hilfe der 2

Digitized by Google

Centigrammstücke der eine Tiegel, mit dem Quecksilber gefüllt, gegen den anderen mit dem Bleistücke ausgeglichen, dann wurde das Quecksilber durch die Hilfsstücke ersetzt und von Neuem ausgeglichen. Es sei:

Hg das Gewicht des Quecksilbers,
Pb das Gewicht des Bleistückes,
AP das Gewicht der Combination des Silbers und Platin, endlich
g_1 und g_2 die Gewichte in Milligrammen,

welche dem Bleistücke bei beiden Wägungen zugefügt werden mussten, um die Wage in's Gleichgewicht zu bringen, so geben die beiden Wägungen folgende zwei in gleichartiger Weise fehlerhafte Gleichungen:

$$1)\ Hg = Pb + g_1$$
$$2)\ AP = Pb + g_2$$

woraus man die nicht blos von den Fehlern der Wage, sondern auch (da die Wägungen kurz nach einander ausgeführt wurden) von der Beschaffenheit der Atmosphäre unabhängige ganz richtige Gleichung erhält:

$$Hg = AP - (g_1 - g_2)$$

III.

Berechnung des Widerstandes der Normalröhren.

Der Widerstand eines Quecksilberprismas von 0^0, welches die in Metern gemessene Länge L und den in Quadratmillimetern gemessenen Querschnitt Q besitzt, ist in Quecksilber-Einheiten ausgedrückt durch die einfache Formel

$$W = \frac{L}{Q}.$$

Diese Formel kann jedoch, wie schon Siemens gezeigt hat, auf die Glasröhren nicht ohne Weiteres angewendet werden, es bedarf vielmehr zweier Correctionen. Einmal sind die Röhren nicht genau prismatisch, sondern nur so ausgewählt, dass ihr Querschnitt sich nicht zu plötzlich und nicht zu bedeutend ändert. Man kann sie dann angenähert als abgestumpfte Kegel betrachten; wäre diese Voraussetzung genau, so muss, wenn man für Q den mittleren Querschnitt setzt, der Werth $\frac{L}{Q}$ noch mit einem Coefficienten C multiplicirt wer-

Digitized by Google

den, den Siemens auf $\frac{1}{3}\left(\sqrt{a}-1+\sqrt{\frac{1}{a}}\right)$ berechnet hat, wobei a der Quotient aus dem grössten und kleinsten Querschnitt des abgestumpften Kegels ist. Die Formel $W=C.\frac{L}{Q}$ wird also auch sehr annähernd den Widerstand der Glasröhren ergeben und zwar um so genauer, je gleichmässiger die Querschnittsänderung stattfindet. Die Bestimmung dieser Grösse C ist durch Calibrirung der Röhren von Herrn Sabine auf's Genaueste ausgeführt worden.

Ferner addirt sich zu dem Widerstande der Glasröhren in Folge der Einschaltung derselben noch nothwendig der Ausbreitungswiderstand aus beiden Endflächen des Glasrohres in das umgebende Quecksilber, welcher Widerstand nach Siemens gleich ist dem einer einseitigen Verlängerung der Glasröhre um den Betrag ihres Radius. Somit stellt sich der in die Messung eingehende Widerstand der Röhren genauer dar durch die Formel:

$$W=C.\frac{L+R}{Q}.$$

IV.

Vergleichung des Widerstandes der Normalröhren mit anderen Widerständen und unter sich.

Diese Vergleichungen wurden mit der von Siemens schon benutzten Wheatstone'schen Brücke ausgeführt, nach den Grundsätzen abgeändert, die Herr Dehms in seiner Arbeit: „Vorschlag zu einer veränderten Construction der Wheatstone'schen Brücke" (Zeitschrift des deutsch-österreichischen Telegraphenvereins Jahrgang XIII) entwickelt hat. In derselben wurde darauf hingewiesen, dass Messungen mit einer solchen Brücke, wenn das Verhältniss der zu vergleichenden Widerstände von 1 sehr abweicht, ungenau werden können und zwar in um so höherem Grade, je mehr das Verhältniss sich von 1 entfernt (wofür sich Dehms des Ausdruckes bedient: je grösser das Verhältniss ist). Sonach wird der Schlitten, welcher die Contactvorrichtung trägt, nie sehr weit aus der Mitte des Drahtes geschoben und es fällt ein Grund weg, welcher die Ausspannung des gesammten Messdrahtes zu verlangen schien. Der andere Grund hinzu, nämlich die Nothwendigkeit, die Abstände des Contactpunctes von beiden

Digitized by Google

Enden des Drahtes bei beiden Umschalterstellungen, sowie die ganze Länge des Drahtes zu kennen, fällt weg, wenn man bei jeder Messung, statt der genannten Abstände nur den gegenseitigen Abstand der beiden Contactpuncte, welche den beiden Umschalterstellungen entsprechen, misst, und die gesammte Drahtlänge, anstatt durch Ausspannen von einem Maassstabe, lieber durch Beobachtung bestimmt.

Nennt man ε das zu messende Verhältniss der beiden zu vergleichenden Widerstände W_1 und W_2, a und b die Entfernungen der den beiden Umschalterstellungen entsprechenden Contactpuncte von einem Ende des Drahtes, s die gesammte Drahtlänge, so muss vorerst $a + b = s$ und ist dann das gesuchte Verhältniss: $\varepsilon = \frac{a}{b}$. Diese Formel hat Siemens angewendet. Ebensogut ist aber auch die Formel $\varepsilon = \frac{s + d}{s + d'}$, wenn man die Entfernung der beiden Contactpuncte von einander, also die Grössen $a—b$ mit d bezeichnet, und fehlt auch hier die Controle nicht, welche bei der anderen Rechnungsweise durch die Bedingung $a + b$ der beiden Ablesungen, als deren Differenz d auftritt, zwar nicht s aber doch eine Constante sein muss.

Dehms hat die Grösse s experimentell bestimmt, wodurch einer etwaigen fehlerhaften Beschaffenheit des Drahtes Rechnung getragen wurde. Diese experimentelle Bestimmung von s macht es aber auch möglich, dass nur der mittlere Theil des Drahtes, auf dem die Grössen d gemessen werden, vor einem Massstabe ausgespannt wird, während über die Enden anders verfügt werden kann. Es kann endlich der Klemmcontact an den Enden des Drahtes wegfallen und durch die sicherere Löthung ersetzt werden.

Das Verfahren selbst war nun Folgendes: Das obere der beiden Messingstücke, zwischen welche jedes der beiden Enden des Platindrahtes geklemmt war, wurde entfernt und durch ein gleichgeformtes Elfenbeinstück ersetzt. Um dieses wurde der Draht in einer Nuth liegend herumgenommen und auf der oberen Seite bei a (Figur 2) mit Siegellack festgekittet. Bevor das Stück aufgeschraubt wurde, war in die darunter liegende zweite Klemmkerbe n ein tiefer halbrunder Einschnitt gemacht, um eine Berührung mit dem Drahte zu verhindern und Reinigung von Staub zu ermöglichen. Vor dem Festkitten wurde der Draht natürlich straff angezogen, nachher wurden die beiden Enden

Digitized by Google

nach der Mitte hin zusammengenommen, mehrfach durch Elfenbeinplättchen isolirt auf den Maassstab gelegt und die Enden an die Endflächen von je einem circa 6^{mm} starken Kupferdrahte mit Weichloth gelöthet, die Löthstelle sodann zum Schutz gegen Quecksilber gut mit Asphaltlack überzogen.

Ferner wurde der Umschalter an der Brücke durch einen anderen ersetzt, der in Fig 3 Tafel XIII abgebildet ist. Die Grundplatte R von schwarzer Masse hat 8 eingebohrte Quecksilbernäpfe I bis VIII, von denen V, VI und IV durch einen mit Siegellack eingelassenen starken Kupferdraht verbunden sind. Da starke Platten von schwarzer Masse fast stets porös sind, so waren in die Bohrungen noch besonders gedrähte Näpfe eingesetzt. Um den Elfenbeinstift in der Mitte dreht sich, zugleich längs desselben verschiebbar, ein Stück schwarzer Masse S, welches die beiden starken Kupferdrähte NN trägt. Diese sind bestimmt, in einer Stellung des Umschalters den Napf I mit II und III mit IV, in der anderen I mit III und II mit IV zu verbinden. An jeden ist ein Messingansatz nach oben angelöthet; beide Ansätze sind oben durch ein Elfenbeinplättchen K verbunden, wodurch eine bequeme Handhabe geschaffen ist; unter dies Elfenbeinplättchen werden die Galvanometerleitungen geklemmt. Endlich steht auf der Platte R noch das Stück T von schwarzer Masse, welches die drei Näpfe VII, IV und VIII theilweis zudeckt und vorzüglich die Bestimmung hat, den Platindraht vor Beschädigungen, denen er beim Umlegen des Umschalters leicht ausgesetzt ist, zu schützen. Zu dem Ende hat das Stück zwei Löcher; die Kupferdrähte, an welche die Enden des Platindrahtes gelöthet sind, passen willig in diese hinein und reichen durch sie in das Quecksilber der Näpfe VII und VIII hinab; sind sie ganz niedergedrückt, so ruht der Platindraht auf der oberen Fläche von T und ist dort noch durch angegossenes Paraffin befestigt. Zwei in das Stück S gesetzte Stahlstifte stossen beim Umlegen des Umschalters an T, welches somit zugleich als Anschlag zur Begrenzung der Bewegung des Stückes S dient. Die Verbindung der Näpfe II mit VII und III mit VIII wurde nur durch starke Kupferdrähte hergestellt.

Die sämmtlichen zu vergleichenden Widerstände endigten in Quecksilbernäpfe. Ein und derselbe starke Kupferdraht, um welchen der Batteriedraht herumgewickelt war, wurde in einen Napf von W_1 und in einen Napf von W_2 niedergebogen. Die beiden anderen Endnäpfe

Digitized by Google

von W_1 und W_2 wurden entweder mit V und I oder mit I und VI des Umschalters durch kurze dicke Kupferdrähte verbunden; hiebei war die Aufstellung der Behälter der Widerstände massgebend, da es Regel war, stets den kleineren Widerstand an I und den grösseren an V oder VI und hiedurch an IV zu legen. Alle Verbindungsdrähte waren von gleichem Durchmesser (6^{mm}) und an den Enden gut verquickt; im Widerstandsviereck war also keine andere Verbindung als durch Löthung oder Quecksilbernäpfe vermittelt vorhanden und lagen alle Contacte verschiedener Metalle auf einem kleinen Raum nebeneinander, wodurch das Auftreten von Thermoströmen verhindert wurde. (Nur wenn eine Normalröhre eingeschaltet war, war der eine Contact 1^{m} von dem anderen entfernt.) Obwohl bei dem grossen Durchmesser des zu den Verbindungen dienenden Kupferdrahtes der Widerstand desselben verschwindend klein ist (für ein Meter Länge ist er weniger als 0,001 Einheit), so wurde doch noch Sorge getragen, dass die Zuleitungen sich ganz eliminirten, indem die Länge der zu W_1 und W_2 gehörigen Zuleitungen gleichfalls im Verhältniss W_1 zu W_2 standen. Hiebei wurde der eingelassene Verbindungsdraht im Umschalter, sowie die Hälften der beiden Drähte NN des Stückes S mit berechnet, da die Zuleitungen einerseits bis zu dem Puncte, an welchem die Batterie angeführt ist und andrerseits bis zu den beiden Abgangspuncten nach dem Galvanometer zu rechnen sind. Das letztere war das bereits von Siemens benützte Spiegelgalvanometer.

Bei der Copirung von Widerständen nach den Normalröhren kam es auf folgende zwei Puncte an:

1) war festzustellen, dass die Widerstände der beiden Normalröhren auch wirklich in dem berechneten Verhältnisse standen,
2) waren mit Hilfe der Normalröhren eine Anzahl anderer, unveränderlicher, leichter als die Normalen zu handhabender Widerstände zu bestimmen, welche als Copien erster Ordnung weiterer Copirung zu Grunde gelegt werden können.

Zu den Vergleichungen wurden, wie schon früher, Glasspiralen in der von Dehms ihnen gegebenen Form gewählt, welche in Figur 5 Tafel XIII abgebildet sind. Um die Resultate der Messungen direct aufeinander beziehen zu können, mussten letztere so eingerichtet werden, dass sie thunlichst frei von nebensächlichen Einflüssen bleiben. Die Widerstände der Zuleitungen konnten in Folge des Arrangements ganz ausser Acht gelassen werden. Der Einfluss der Temperatur

Digitized by Google

wurde dadurch beseitigt, dass die zu vergleichenden Röhren stets in ein und dasselbe Gefäss mit Wasser gesetzt wurden, welches ungefähr die Zimmertemperatur hatte und unablässig in Circulation gehalten wurde. Sollten nun Spiralen verglichen werden, so standen sie in einem Gefäss, hergestellt aus zwei Gläsern, deren Zwischenraum mit trockener gesiebter Asche gefüllt und oben mit Kitt verschlossen war und wurde dann durch eine selbstthätige Blasevorrichtung stets Luft durch das Wasser geblasen. Wurden Spiralen mit Normalen verglichen, so standen beide in einem eigens für diese Versuche gefertigten Zinktrog mit doppeltem Boden (demselben, der für die Längenbestimmungen gedient hatte) und wurde das Wasser stets in lebhafter Circulation gehalten. Als Electromotor dienten zwei Daniell'sche Elemente, natürlich schloss man die Batterie immer nur auf Momente.

Zur Einschaltung der Normalröhren wurden die Enden derselben mittelst angemessener Stücke Gummischläuche in kurze dicke Knieröhren gesteckt und darin noch verkittet, jedoch nur von aussen, so dass das Quecksilber mit dem Kitt nicht in Berührung kam. Ein einziges Knierohr nahm je ein Ende von beiden Normalen auf. Die Verbindung mit dem Umschalter bei einer Messung zeigt Figur 6 Tafel XIII. Da viele Glasnäpfe im nämlichen Gefäss mit Wasser stehen, so wurden dieselben, um Stromableitungen durch Beschlagen des Glases zu verhüten, mit dem durch trockene Destillation von Rohgummi erhaltenen, sehr gut isolirenden Oele bepinselt. Dieses Oel verharzte sehr bald und wurde dann der Ueberzug sorgfältig abgewaschen und ein neuer gegeben. Alle Röhren, Normalen, wie Spiralen waren kurz vor den Messungen durch chemische Mittel wohl gereinigt und getrocknet, sodann gleichzeitig mit sorgfältig gereinigtem Quecksilber aus der nämlichen Flasche langsam gefüllt; durch genaue Betrachtung überzeugte man sich von der Abwesenheit aller Luftblasen. Während der Messungen wehte der Beobachter unablässig mit einem breiten Fächer am Draht entlang, um dessen Temperatur gleichmässig zu erhalten. Der Draht war natürlich vor strahlender Wärme geschützt; um Erwärmungen mit der Hand zu vermeiden, war ein besonderer Schlüssel in einigem Abstande vom Drahte aufgestellt und wurde der Schlüssel an der Brücke gar nicht benützt. Die Zuleitungen waren in Folge einer zweckmässigen Aufstellung sehr kurz. Die vollkommene Abwesenheit aller Thermoströme wurde bei jeder Messung dadurch constatirt, dass das Heben und Umlegen des Umschalters auf das Gal-

Digitized by Google

vanometer keinen Einfluss ausübte. Der Schlitten, der die Contactrolle trug, erlaubte eine Verschiebung des Contactpunctes am Drahte entlang um weniger als $0^{mm},05$ vorzunehmen, der Nonius gestattete genaue Ablesung der Zehntelmillimeter, folglich noch Schätzung der halben Zehntel.

Im Originale folgt nun das Detail der Messungen zur Bestimmung der Spiralen; wir wollen nur noch beifügen, wie mit Hilfe der Spiralen Einheiten aus Neusilberdraht und eine Widerstandsscala adjustirt wurden.

Die Einrichtung der von der Telegraphenbauanstalt von Siemens und Halske gefertigten Einheiten wird durch Figur 7 Tafel XIII erläutert. In einer gedrehten Holzbüchse, deren Boden sowohl als der Deckel in der Mitte ein Loch von 10^{mm} Durchmesser haben, liegt am Rande ganz frei in einer doppelt gewundenen Spirale ein doppelt besponnener, gut lackirter Neusilberdraht von etwa $2^{m},7$ Länge, $0^{mm},9$ Durchmesser und $1^{gr},7$ Gewicht. In den Rand der Büchse sind zwei Messingstäbe eingelassen, so dass sie mit beiden Enden aus derselben hervorreichen. An diese Stäbe sind innen die Enden des Drahtes geführt und mittelst je einer Klemmbacke und zweier Schrauben festgehalten. An einem Ende trägt jeder Stab eine Klemmschraube zur Anbringung starker Zuleitungsdrähte, an den anderen Enden sind starke Kupferdrähte nach unten angelöthet, welche, wenn verquickt, die Einschaltung der Einheit durch Quecksilbernäpfe gestatten. (Nur letztere Zuleitung wurde beim Justiren benützt.) Die beiden Löcher im Boden und Deckel sollen den Luftwechsel erleichtern und die Einführung eines Thermometers gestatten.

Zwei vorher ziemlich genau adjustirte Einheiten, welche einander aber so genau gleich waren, als die Brücke gestattete, dies auszuführen, und in denen das eine Ende des Drahtes schon verlöthet war, wurden hinter einander gegen die Combination C eingeschaltet. Die Lufttemperatur, sowie die des Wassers, in welchem die Spiralen standen, wurden genau beobachtet. Die Differenzen d, welche bei den verschiedenen Angaben beider Thermometer erzielt werden mussten, wenn die Neusilbereinheiten bei $+20^{0}$ C. richtig sein sollten, waren vorher berechnet und dabei 0,00097 als (scheinbarer) Widerstandsvermehrungscoefficient für Quecksilber und 0,0004 für Neusilber angenommen. Nun wurden einfach die Enden beider Neusilberdrähte unter der Klemme vorgezogen (und zwar stets beide um gleichviel), so lange, bis die vorher berechnete Differenz d wirklich erreicht war.

Digitized by Google

Es wurde nochmals constatirt, dass die Widerstände beider Drähte noch sehr nahe gleich waren. Nachdem die Enden dann verlöthet waren, wurde endlich durch zwei fernere genaue Vergleichungen der Einheiten unter sich und beider hinter einander geschaltet gegen eine Glasspirale-Combination für jede die Temperatur ermittelt, bei welcher sie eine Einheit repräsentirte. Von diesen beiden Einheiten wurden fernere Einheiten in gewöhnlicher Weise abcopirt, gleich verlöthet und demnächst für sie durch Vergleichung mit der Glasspiralen-Combination die zugehörigen Temperaturen bestimmt.

Die Justirung einer Normalscala von 1 bis 10000 wurde in der Weise ausgeführt, welche Dehms in der Zeitschrift des deutsch-österreichischen Telegraphen-Vereines Jahrgang XIV beschrieben hat.

Digitized by Google

Magnetische Ortsbestimmungen.

Gesammelt

von

Ph. Carl.

II.

(Fortsetzung von Seite 55.)

Die folgenden Magnetischen Ortsbestimmungen sind den „Contributions to Terrestrial Magnetism“ entnommen, welche Herr Sabine in den Philosophical Transactions in den Jahren 1840 und 1849 veröffentlicht hat.

Ist bei den einzelnen Tabellen keine besondere Bemerkung gemacht, so sind die Intensitäten in englischen Einheiten ausgedrückt.

Tafel I.

Capitain Edward Belcher's Magnetische Ortsbestimmungen.

Die Längen in dieser Tabelle sind östlich von Greenwich. Die positiven Declinationen sind westliche, die negativen östliche. Die Werthe der Horizontal-Intensität sind in absolutem Maasse (Engl. Einheiten), die Total-Intensitäten in willkürlicher Scala ausgedrückt, für welche die Total-Intensität in Woolwich (wie in London) 1,372 ist.

Station	Datum	Breite	Länge	Declination	Inclination	Intensität	
						Horiz.	Total
Port Etches . .	1837	+60° 21′	213° 19′	—31° 38′	+76° 02′9	3·15	1·728
Kodiack	1839	+57 20	207 09	—26 43	+72 42·9	3·635	1·617
Sitka	1837	+57 03	224 34	—27 42	+75 51·5		
Sitka	1839	+57 03	224 38	—29 32	+75 49·1	3·207	1·730
Baker's Bay . .	1839	+46 17	235 58	—19 11	+69 26·9	4·394	1·654
Fort Vancouver .	1839	+45 37	237 24	—19 22	+69 22·2	4·475	1·682
Fort Bodega . .	1839	+38 18	236 58	—15 20	+62 53·4	5·440	1·577
San Francisco . .	1837	+37 48	237 37	—15 20	+61 53·8		
San Francisco . .	1839	+37 48	237 37	—15 20	+62 05·8	5·524	1·560
Monterey . . .	1839	+36 36	238 07	—14 13	+61 03·6	5·666	1·547
Sta. Barbara . .	1839	+34 24	240 19	—13 28	+58 54·1	5·925	1·516
San Pedro . . .	1839	+33 43	241 45	—13 08	+58 21·4	5·913	1·490
San Diego . . .	1839	+32 41	242 47	—12 21	+57 06·1	6·142	1·495
San Quentin . .	1839	+30 22	244 02	—12 06	+54 29·9	6·468	1·472
San Bartholomew	1839	+27 40	245 07	—10 46	+51 41·0	6·780	1.445
Magdalena Bay .	1839	+24 38	247 53	— 9 15	+46 34·0	7·160	1·376
Mazatlan . . .	1839	+23 11	253 36	— 9 24	+46 38 5	7·214	1·388
San Lucas Bay .	1839	+22 52	250 07	— 8 38	+45 39·3	7·259	1·372
San Blas . . .	1837	+21 32	254 44	— 8 34	+45 24·3		
San Blas . . .	1839	+21 32	254 44	— 9 00	+44 32·5	7·421	1·376
Oahu Island . .	1837	+21 17	202 00	—10 39	+41 35·1		
Oahu Island . .	1839	+21 17	202 00	. . . . .	+41 16·8	6·506	1·144
Socorro Island . .	1839	+18 43	249 06	— 6 56	+40 37·0	7·477	1·325

Digitized by Google

Station	Datum	Breite	Länge	Declination	Inclination	Intensität	
						Horiz.	Total
Clarion Island . .	1839	+18 21	245 19	— 8 05	+37 03·0	7·597	1·238
Acapulco . . .	1838	+16 50	260 05	— 8 13	+37 57·4	7·91	1·326
Realejo	1838	+12 28	272 52	— 7 53	+34 36·9		
Panama	1837	+ 8 57	280 31	— 7 02	+31 51·9	7·743	1·205
Magnetic Island .	1837	+ 8 04	278 15	— 7 37	+31 11·9		
Sampanchow Island	1841	+22 43	113 40	— 0 22	+30 25 8	7·605	1·166
Hong Kong. . .	1841	+22 16	114 08	— 0 37	+30 02·7	7·574	1·156
Macao	1841	+22 11	113 30	— 0 35	+30 00·8	7·592	1·159
Cocos Island . .	1838	+ 5 34	272 58	— 8 24	+23 33·2		
Cocos Island . .	1839	+ 5 34	272 58	. . . . .	+22 55·7	7·924	1 137
Manila	1840	+14 36	120 58	— 0 18	+16 27·5	7·869	1·084
Puna Island . .	1838	— 2 47	280 05	— 8 56	+ 9 0·8	7·74	1·036
Ascension . . .	1842	— 7 56	345 36	+19 16	. . . . .	6·457	0·853
Penang	1841	+ 5 25	100 19	— 1 30	— 4 40·4	7·982	1·058
Malora Island . .	1842	+ 5 41	95 24	— 2 22	— 5 29·3	7·863	1·041
Acheen Island. .	1842	+ 5 36	95 20	— 2 22	— 5 58·5	7·828	1·040
Callao	1838	—12 04	282 52	—10 44	— 6 14·3	7·37	0·980
Pt. de Galle . .	1842	+ 6 02	80 15	— 0 41	— 8 07·0	7·756	1·035
Malacca	1841	+ 2 10	102 15	— 1 36	—11 01·9	7·939	1·069
Singapore . . .	1841	+ 1 17	103 51	— 1 39	—12 01·4	7·950	1·074
Martins Island .	1840	— 8 56	220 20	— 6 16	—14 06·0	7·594	1·024
Amsterdam Island	1840	— 0 20	132 08	— 1 24	—15 09·1	8·012	1.097
St. Helena . . .	1842	—15 55	354 17	+22 11	—17 01·0	5·827	0·805
Jobie Island . .	1840	— 1 50	136 41	— 4 09	—17 28·4	8 056	1·116
Shell Rock . . .	1840	— 1 57	136 21	— 3 00	—18 15.8	8·066	1·123
Pulo Kumpal . .	1840	— 2 44	110 07	— 0 39	—19 48·8	8·038	1·128
Bouro Island . .	1840	— 3 23	127 06	— 1 06	—20 23·4	8·093	1·141
New Ireland . .	1840	— 4 41	152 44	— 7 13	—20 49·2	8·039	1·136
Amboyna Island .	1840	— 3 42	128 10	— 1 14	—21 09 8	8·144	1·154
Britannia Island .	1840	— 3 19	143 29	— 4 55	—22 01·8	7·832	1·116
Macassar Island .	1840	— 5 08	119 23	— 0 29	—23 42·2	8·029	1·159
Solombo Island .	1840	— 5 35	114 23	— 1 24	—24 16·1	8·003	1·160
Bow Island. . .	1840	—18 05	219 07	— 6 34	—30 16·0	7·425	1·123
Tahiti	1840	—17 29	210 30	— 6 30	—30 17·7	7·491	1·146
Seychelles . . .	1842	— 4 36	55 31	+ 2 01	—32 02·9	6·632	1·034
Vavao Island . .	1840	—18 39	186 00	— 9 34	—35 06·9	7·706	1·245
Rarotonga Island.	1840	—21 12	200 14	— 8 34	—36 08·5	7 315	1·197
Nukulau Island .	1840	—18 10	178 31	—10 25	—36 09·2	7·708	1·262
Banga Island	1840	—18 20	178 10	—10 21	—36 29·9	7·718	1·269
Tanna Island	1840	—19 32	169 29	—11 37	—39 58.1	7·790	1·342
Majambo Bay . .	1842	—15 14	47 00	+12 10	—48 18·9	5·496	1·092
Simons Bay . .	1842	—34 12	18 26	+29 08	—53 04·3	4·571	1·005
Cape of Good Hope	1842	—33 56	18 29	+29 13	—53 20	4·569	1·011

Digitized by Google

Tafel II.

Declinationen, beobachtet auf den Schiffen Erebus und Terror vom November 1840 bis April 1841.

Breite		Länge		Declination		Breite		Länge		Declination	
°	′	°	′	°	′	°	′	°	′	°	′
		+15° bis +5°						−15° bis −25°			
−60	20	131	30	+10	23	−50	33	166	15	−15	29
−59	30	129	33	+10	07	−50	54	166	35	−16	03
−57	21	127	45	+ 8	47	−52	22	169	38	−17	08
−57	22	127	40	+ 8	37	−49	47	161	00	−17	16
−58	54	129	38	+ 8	32	−64	17	149	03	−17	19
−60	20	131	21	+ 8	18	−50	32	166	12	−17	44
−60	25	131	38	+ 8	15	−52	33	169	09	−17	52
−60	25	131	37	+ 8	09	−63	50	151	35	−18	31
−60	20	131	22	+ 7	38	−54	14	169	06	−18	44
−56	14	130	44	+ 5	45	−63	50	151	48	−18	59
−56	39	129	45	+ 5	21	−63	52	151	51	−20	15
						−59	32	170	05	−20	20
		+5° bis −5°				−59	32	170	05	−20	56
						−59	32	169	59	−21	28
−62	13	136	12	+ 1	35	−57	10	170	06	−21	58
−55	11	131	31	+ 1	34	−58	19	170	39	−21	58
−55	04	132	44	+ 1	09	−57	40	170	26	−21	59
−55	12	132	00	+ 0	45	−64	05	161	47	−22	19
−55	13	131	15	+ 0	31	−60	47	170	55	−22	32
−55	04	132	10	+ 0	16	−64	08	163	04	−22	48
−54	59	132	13	− 0	06	−60	13	170	25	−22	49
−62	06	136	07	− 0	27	−65	34	162	08	−23	47
−52	52	135	26	− 1	03	−60	18	170	12	−23	48
−62	15	136	23	− 1	13	−64	05	161	13	−24	06
−54	04	134	45	− 1	44	−63	10	156	25	−24	07
−54	04	134	30	− 1	50						
−63	22	139	41	− 3	29			−25° bis −35°			
−54	05	134	44	− 3	44						
−52	56	135	05	− 3	55	−65	06	172	20	−25	06
−62	37	138	24	− 4	05	−64	10	163	14	−25	18
−51	11	136	54	− 4	39	−64	18	172	31	−25	33
						−64	26	173	00	−25	52
		−5° bis −15°				−64	52	162	42	−25	54
						−64	40	172	44	−25	57
−51	15	136	49	− 5	38	−65	42	172	13	−26	17
−63	30	140	00	− 5	58	−62	50	157	01	−26	49
−64	20	140	40	− 6	57	−65	50	164	39	−26	56
−44	37	143	56	− 8	39	−64	33	163	23	−26	58
−44	18	145	04	− 8	46	−66	52	167	35	−27	06
−42	52	147	24	−10	24	−65	57	171	45	−27	11
−44	24	152	58	−11	38	−66	27	169	44	−27	21
−65	04	142	47	−12	37	−65	27	172	29	−27	34
−45	36	152	53	−13	09	−65	30	172	34	−28	08
−46	08	154	15	−13	38	−66	20	169	51	−28	21
−46	13	154	26	−13	47	−65	43	165	10	−28	23
−46	30	154	55	−13	58	−65	31	173	05	−29	17
−64	17	148	52	−13	59	−65	35	173	38	−29	42
−49	18	160	18	−14	44	−67	16	174	41	−31	29

Digitized by Google

Breite		Länge		Declination	
°	′	°	′	°	′
—67	56	167	31	—32	35
—68	31	176	05	—33	52
—68	00	175	05	—34	04
—68	28	176	32	—34	39
—68	24	175	45	—34	38
—63	55	176	20	—34	58
		—35° bis —45°			
—69	23	167	45	—36	06
—68	59	167	46	—36	12
—70	27	167	57	—37	41
—69	33	167	31	—38	21
—70	03	167	30	—39	21
—70	33	172	57	—39	35
—70	23	167	23	—39	45
—71	00	172	25	—43	56
—71	22	179	56	—44	01
—71	51	171	53	—44	24
		—45° bis —55°			
—71	08	172	07	—45	45
—71	52	171	19	—46	40
—71	21	171	14	—46	52
—71	55	172	00	—48	12
—72	33	172	51	—48	49
—72	36	173	40	—50	31
—72	16	174	09	—51	41
—72	36	173	46	—51	54
—72	40	175	17	—52	35
—73	01	175	55	—52	41
—72	34	172	43	—54	34
		—55° bis —65°			
—73	57	171	23	—63	38
—73	53	171	37	—64	12
—74	01	171	42	—64	25
		—65° bis —75°			
—74	01	172	35	—65	04
—73	47	171	23	—65	41
—74	26	168	37	—68	40
—74	39	169	00	—69	47
—74	51	168	10	—70	52
—74	46	168	42	—71	08
—74	46	167	53	—74	48
		—75° bis —85°			
—76	40	188	40	—77	53
—76	57	186	38	—81	33
—77	18	192	38	—81	50
—77	08	189	02	—82	09
—77	11	192	58	—82	26
—77	22	188	43	—82	29
—77	07	192	22	—83	03
—76	57	188	30	—83	24
—77	17	191	35	—83	56
—75	39	168	33	—74	58
		—85° bis —95°			
—77	04	188	28	—85	09
—76	28	177	25	—85	10
—77	12	187	02	—87	29
—76	25	177	35	—88	55
—77	22	186	21	—89	19
—75	36	167	45	— 89	32
—77	03	186	40	—89	37
—77	28	186	33	—90	21
—75	28	168	12	—90	44
—77	09	188	22	—91	07
—77	35	186	40	—93	22
—77	36	186	41	—93	24
—77	44	188	00	—93	41
—77	54	188	27	—93	41
—77	51	191	01	—93	43
—77	46	186	53	—94	14
—75	52	167	00	—94	27
—77	51	189	42	—94	42
—77	45	189	00	—94	59
		—95° bis —105°			
—77	43	187	04	— 95	21
—77	49	187	26	— 95	52
—77	51	187	38	— 96	00
—77	51	186	38	— 96	14
—77	47	180	34	— 96	17
—77	44	186	06	— 97	11
—76	07	168	45	— 98	45
—75	58	168	50	— 99	41
—76	10	166	02	— 99	41
—76	04	166	19	—100	14
—77	47	176	19	—102	09
—77	41	175	57	—104	25
		—105° bis —115°			
—77	50	178	00	—105	21
—76	22	165	44	—106	13
—76	47	169	26	—107	05
—76	32	166	30	—111	44
—76	36	166	18	—113	23
—76	33	164	45	—113	41
—77	22	172	04	—114	21

Digitized by Google

Tafel III.

Inclinationen, beobachtet auf dem Schiffe Erebus vom Juni 1840 bis April 1841.

Breite	Länge	Inclination	Breite	Länge	Inclination
—48 41	68 54	—70 00	—67 27	174 51	—82 58
—48 29	76 55	—70 55	—68 17	175 00	—83 12
—48 17	80 15	—71 50	—68 32	175 49	—83 28
—47 55	83 00	—72 34	—68 28	176 31	—83 17
—47 46	86 18	—73 33	—68 28	176 32	—83 35
—47 12	89 45	—73 35	—68 53	176 23	—83 40
—47 03	93 00	—74 37	—70 23	174 50	—85 00
—47 39	102 42	—74 28	—71 15	171 15	—85 50
—47 35	106 26	—74 31	—71 24	170 44	—85 53
—47 45	110 39	—75 08	—71 47	170 52	—86 10
—47 34	114 15	—75 26	—72 07	172 19	—86 13
—47 41	121 30	—76 04	—71 52	172 08	—85 53
—47 34	124 43	—76 40	—71 55	171 51	—85 55
—46 44	128 26	—75 41	—72 12	172 13	—86 41
—46 13	132 00	—75 17	—72 09	173 35	—86 03
—45 59	135 38	—73 48	—72 57	176 06	—86 11
—45 17	139 19	—73 23	—72 35	173 34	—86 36
—44 24	141 39	—72 37	—72 31	173 39	—86 51
—44 16	142 38	—73 03	—73 48	171 47	—87 04
—42 52	147 24	—70 38	—74 06	170 40	—87 12
—44 16	149 29	—70 41	—73 56	171 35	—87 11
—45 13	151 57	—71 49	—74 33	173 23	—87 29
—45 33	152 45	—71 37	—74 43	169 48	—87 25
—46 18	154 30	—72 04	—74 45	168 23	—88 18
—47 46	157 40	—73 14	—74 55	169 01	—88 21
—49 20	160 13	—74 15	—75 22	168 48	—88 36
—50 28	164 09	—74 23	—76 06	168 11	—88 27
—50 38	166 19	—73 10	—77 07	169 56	—88 01
—52 34	169 10	—73 52	—77 47	175 43	—86 48
—54 06	169 09	—74 46	—77 41	180 54	—85 54
—55 50	170 06	—76 16	—77 06	189 08	—85 56
—57 15	170 40	—77 43	—77 05	188 36	—86 12
—57 54	170 25	—77 51	—77 09	188 15	—86 23
—58 57	170 57	—78 04	—77 49	186 30	—86 10
—59 43	169 39	—78 34	—77 17	185 26	—86 49
—60 19	170 20	—78 53	—77 00	192 18	—85 36
—60 46	170 44	—79 06	—77 07	192 26	—85 26
—61 34	170 40	—79 30	—76 24	192 56	—85 45
—62 06	172 51	—79 41	—77 10	192 43	—86 06
—62 40	173 40	—79 58	—77 09	188 43	—85 54
—62 44	174 36	—80 09	—76 59	186 39	—86 23
—64 00	172 44	—81 03	—77 43	187 10	—85 51
—64 06	172 38	—81 03	—77 55	189 04	—85 49
—64 31	172 57	—81 11	—77 38	187 00	—86 19
—65 58	172 47	—82 20	—76 22	188 05	—86 07
—66 17	170 57	—82 25	—76 50	183 26	—86 23
—66 30	169 13	—82 40	—76 17	175 37	—87 15
—66 32	169 45	—82 31	—76 14	172 35	—87 36
—66 23	170 12	—82 53	—76 06	168 07	—88 21
—65 39	170 44	—81 51	—76 20	165 32	—88 35
—65 22	172 40	—81 43	—76 36	164 38	—88 19
—66 55	174 31	—82 13	—75 21	168 06	—87 52

Digitized by Google

Breite	Länge	Inclination	Breite	Länge	Inclination
—72° 13′	171° 04′	—86° 23′	—64° 33′	148° 03′	—85° 03′
—70 55	168 43	—85 53	—65 14	144 37	—85 05
—70 41	167 20	—85 51	—65 11	143 52	—85 10
—70 17	167 24	—86 19	—65 09	143 07	—85 16
—70 14	167 16	—86 06	—64 20	140 40	—84 36
—69 57	167 52	—85 41	—63 09	139 28	—84 46
—69 24	167 55	—85 28	—62 18	136 40	—84 20
—69 46	167 43	—85 54	—61 18	134 02	—83 55
—69 06	167 43	—85 26	—60 20	131 21	—83 31
—68 28	168 10	—85 07	—59 25	130 14	—82 52
—67 47	167 22	—84 28	—58 06	128 43	—82 09
—65 49	166 12	—83 35	—57 22	127 37	—81 43
—65 53	162 14	—83 51	—56 28	129 57	—80 43
—64 41	162 34	—82 55	—55 02	131 48	—80 15
—64 20	163 29	—82 54	—54 55	132 50	—80 07
—63 52	160 55	—83 32	—54 02	134 59	—79 39
—62 41	156 59	—82 33	—53 18	135 18	—79 09
—63 50	156 06	—83 54	—51 16	136 50	—77 59
—64 12	154 47	—84 06	—48 48	138 34	—76 54
—64 13	154 03	—84 06	—46 55	139 55	—75 42
—64 20	153 02	—84 14	—46 25	140 55	—75 12
—63 54	151 56	—84 06	—44 57	144 18	—73 54
—64 18	149 09	—84 48	—43 50	146 00	—72 15

Tafel IV.

Intensitäten, beobachtet auf dem Schiffe Erebus vom Juli 1840 bis April 1841. Intensität London = 1,372.

Breite	Länge	Intensität	Breite	Länge	Intensität	Breite	Länge	Intensität
—48° 41′	68° 54′	1·465	—44° 10′	149° 29′	1·844	—64° 31′	172° 55′	1·988
—48 29	76 55	1·539	—45 13	151 57	1·833	—65 46	171 40	1·996
—48 17	80 15	1·574	—45 33	152 45	1·843	—66 31	169 20	2·008
—47 55	83 51	1·601	—46 18	154 30	1·820	—66 23	170 12	2·018
—47 46	86 18	1·575	—47 46	157 40	1·817	—65 39	170 44	2·046
—47 12	89 45	1·565	—49 20	160 13	1·846	—65 22	170 40	2·025
—47 03	93 00	1·712	—50 28	164 09	1·858	—66 55	174 31	2·009
—47 26	99 54	1·783	—50 33	166 19	1·851	—68 30	175 40	2·011
—47 35	106 26	1·853	—52 42	169 10	1·877	—68 28	176 31	2·032
—47 40	112 27	1·898	—53 47	169 02	1·844	—68 28	176 32	2·025
—47 41	121 30	1·992	—54 25	169 16	1·874	—68 48	176 45	2·016
—47 34	124 43	1·996	—55 50	170 06	1·903	—70 23	174 50	2·033
—46 28	130 13	2·007	—57 15	170 40	1·914	—71 15	171 15	2·030
—45 59	135 38	1·989	—57 54	170 25	1·911	—71 24	170 44	2·029
—45 17	139 19	2·005	—58 57	170 57	1·920	—71 47	170 52	2·056
—44 24	141 39	1·976	—59 41	169 58	1·932	—72 07	172 19	2·038
—44 16	142 38	1·934	—60 14	170 15	1·951	—71 55	171 51	2·028
—45 02	143 10	1·923	—60 31	170 32	1·951	—72 12	172 13	2·032
—46 22	141 06	1·954	—61 17	171 14	1·960	—72 09	173 35	2·026
—46 29	140 40	1·949	—62 40	174 40	1·983	—72 57	176 06	2·038
—43 41	146 03	1·892	—64 00	172 44	1·976	—72 35	173 34	2·035
—42 52	147 24	1·820	—64 06	172 38	1·973	—72 31	173 39	2·039

Digitized by Google

Breite	Länge	Intensität	Breite	Länge	Intensität	Breite	Länge	Intensität
° ′	° ′		° ′	° ′		° ′	° ′	
—78 47	171 50	2·052	—76 58	188 40	2·035	—64 13	163 18	2·018
—74 10	170 28	2·044	—77 43	187 11	2·035	—63 57	161 11	2·010
—74 06	171 20	2·052	—76 55	188 49	2·048	—62 41	156 59	2·022
—73 56	172 20	2·035	—76 50	183 26	2·035	—63 50	156 06	2·013
—74 36	173 01	2·037	—76 16	175 50	2·017	—64 13	154 03	2·011
—74 44	169 43	2·045	—76 03	169 30	2·033	—64 20	153 02	2·032
—75 22	168 48	2·048	—76 20	165 32	2·041	—63 54	151 56	2·023
—76 06	168 11	2·031	—75 03	168 44	2·040	—64 26	148 20	2·065
—76 46	169 22	2·040	—71 17	170 43	2·037	—64 45	142 00	2·068
—77 47	175 43	2.017	—71 04	170 07	2·026	—63 09	139 28	2·043
—77 04	188 24	2·017	—70 25	167 27	2·036	—61 46	135 12	2·051
—77 17	185 26	2·023	—69 24	167 49	2·025	—60 19	131 20	2·071
—77 00	192 18	2·039	—68 28	168 10	2·047	—58 00	128 40	2·056
—77 10	192 48	2·036	—67 52	167 28	2·043	—54 44	132 21	2·027
—77 14	192 02	2·020	—65 31	167 42	2·041	—53 13	135 18	2·047
—76 09	188 50	2·036	—64 58	162 27	2·024	—51 16	136 50	2·041

Tafel V.

Declinationen, beobachtet auf den Schiffen Erebus und Terror vom Mai 1841 bis August 1842.

Breite	Länge	Declination	Breite	Länge	Declination
° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′
—42 52	147 24	—10 24	—35 16	174 00	—13 36
—43 30	147 20	—12 35	—36 39	177 58	—14 24
—42 40	148 45	—10 06	—38 03	179 32	—14 55
—42 17	149 30	—11 49	—38 02	179 51	—14 44
—40 40	149 23	— 9 51	—39 29	182 42	—16 55
—37 48	150 21	—11 01	—39 10	182 43	—14 43
—40 51	149 21	—11 11	—40 51	183 16	—12 57
—37 54	150 20	—10 38	—41 59	183 28	—15 13
—37 14	151 34	— 9 31	—42 02	183 31	—14 24
—37 10	151 32	—11 32	—46 09	183 59	—16 35
			—47 05	184 30	—15 17
—33 51	151 17	— 9 51	—47 32	184 52	—15 45
			—48 53	186 48	—16 23
—33 56	151 00	—11 18	—49 21	188 32	—16 52
—33 54	153 50	—10 07	—49 28	189 00	—17 51
—33 35	162 47	—14 26	—49 57	191 10	—16 36
—33 33	162 01	—12 02	—50 03	191 27	—18 23
—33 41	166 26	—13 34	—50 54	192 33	—18 18
—33 48	166 29	—13 40	—50 53	192 30	—16 37
—33 32	167 35	—13 27	—51 39	194 53	—15 16
—33 37	168 04	—15 02	—51 50	195 06	—15 14
—33 42	169 44	—12 54	—52 43	202 14	—13 58
—34 15	172 33	—13 45	—53 05	204 33	—14 54
—34 31	173 28	—13 56	—53 10	205 28	—13 06
—34 32	173 47	—13 42	—54 54	209 24	—14 26
			—56 20	211 40	—15 14

Digitized by Google

Breite	Länge	Declination	Breite	Länge	Declination
° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′
—56 19	211 53	—14 47	—76 42	194 37	—79 57
—56 54	212 23	—13 32	—76 46	194 40	—81 23
—57 03	212 15	—15 14	—78 03	197 31	—87 31
—57 16	212 45	—13 54	—77 57	197 54	—88 01
—58 21	213 00	—17 34	—77 44	198 07	—88 08
—58 20	213 13	—14 37	—75 17	195 06	—64 33
—62 49	212 13	—20 14	—74 49	193 56	—62 17
—63 19	210 22	—20 39	—71 56	186 36	—45 11
—62 46	212 13	—20 03	—71 08	184 54	—39 20
—63 23	210 05	—19 59	—70 58	184 03	—38 26
—63 23	209 43	—20 44	—70 10	180 20	—31 26
—63 21	209 48	—20 56	—69 50	180 16	—30 50
—64 29	206 55	—22 00	—68 17	183 27	—27 32
—64 48	206 10	—22 55	—68 02	183 35	—28 50
—64 54	206 05	—22 51	—67 30	185 00	—29 46
—65 14	205 56	—21 51	—67 25	186 42	—27 32
—65 30	205 57	—22 46	—65 51	190 25	—25 02
—66 04	203 51	—24 13	—65 07	192 24	—23 40
—65 32	204 57	—24 27	—63 33	194 53	—21 57
—66 22	203 40	—25 36	—62 26	195 40	—19 41
—66 04	203 16	—26 59	—62 20	196 15	—19 51
—66 10	203 37	—27 24	—61 00	199 00	—19 49
—66 16	204 39	—26 36	—61 02	199 25	—18 42
—66 15	204 23	—25 55	—60 20	205 12	—18 20
—66 04	204 14	—25 48	—60 26	203 26	—17 31
—66 02	204 00	—26 48	—60 16	212 59	—17 01
—66 00	204 11	—25 26	—60 05	213 51	—17 19
—65 58	203 54	—25 00	—58 59	220 30	—15 30
—65 57	204 14	—25 24	—58 50	222 00	—16 03
—65 58	203 54	—25 59	—58 58	227 00	—17 01
—65 55	203 28	—24 58	—59 04	229 00	—17 49
—65 47	202 13	—25 15	—60 18	236 30	—20 57
—65 59	203 07	—26 24	—60 14	236 32	—20 56
—67 38	204 20	—27 46	—60 02	240 31	—20 48
—67 40	204 10	—28 19	—59 17	245 40	—20 14
—67 20	202 02	—27 36	—58 28	251 40	—22 46
—67 19	202 35	—28 37	—58 40	251 52	—21 47
—67 19	201 56	—28 12	—58 40	254 59	—23 28
—67 20	201 40	—28 33	—58 36	255 20	—24 46
—68 32	200 07	—30 25	—58 46	257 50	—26 13
—68 24	199 57	—32 43	—58 46	258 07	—25 25
—68 47	199 45	—32 33	—59 00	267 56	—26 25
—68 52	199 40	—30 47	—59 01	268 34	—26 17
—70 10	186 15	—35 42	—59 02	272 04	—26 51
—70 25	185 38	—38 55	—59 04	272 20	—27 08
—70 33	185 22	—38 21	—58 51	276 04	—26 18
—70 32	185 13	—38 17	—58 55	276 26	—28 25
—70 23	184 31	—37 35	—58 21	279 48	—27 13
—70 14	184 00	—37 19	—56 20	280 27	—25 04
—70 14	183 52	—36 28	—58 30	282 00	—26 49
—71 04	180 46	—40 45	—58 39	282 05	—26 14
—72 10	180 58	—45 37	—58 32	283 40	—26 18
—73 14	181 08	—51 48	—58 29	283 33	—26 13
—75 06	173 14	—77 17	—57 35	288 54	—25 16
—75 40	174 56	—76 03	—56 46	294 30	—20 26
—76 48	182 33	—86 23	—52 14	301 09	—18 25
—76 54	182 17	—82 28	—52 16	301 06	—16 29
—76 12	191 40	—70 22	—51 32	301 53	—17 36

Digitized by Google

Tafel VI.

Inclinationen, beobachtet auf den Schiffen Erebus und Terrer vom Mai 1841 bis August 1842.

Breite	Länge	Inclination	Breite	Länge	Inclination
° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′
—43 00	148 28	—70 25	—40 42	183 05	—61 56
—42 48	148 55	—70 44	—41 34	183 40	—62 57
—42 13	149 25	—69 37	—41 49	183 41	—63 28
—40 51	149 28	—69 05	—42 40	183 46	—63 46
—40 55	149 12	—68 41	—43 32	183 03	—64 44
—38 17	150 22	—66 57	—43 56	183 04	—65 22
—37 50	150 22	—66 36	—45 40	183 20	—66 35
—37 28	151 30	—66 22	—45 39	183 18	—66 43
—37 21	151 33	—66 01	—47 19	184 40	—67 56
—36 21	151 39	—66 11	—47 26	184 42	—67 32
—36 01	151 48	—65 04	—48 42	186 25	—68 40
—34 06	151 19	—62 58	—48 43	186 30	—69 05
—33 51	151 20	—62 47	—49 24	187 23	—68 59
—33 51	151 17	—62 59	—49 23	188 29	—69 41
—33 51	151 17	—62 48	—49 30	189 19	- 68 55
—33 51	151 17	—62 52	—50 03	191 20	—68 43
—33 51	151 17	—62 42	—50 24	191 40	—69 43
—33 58	153 35	—62 30	—50 38	192 05	—69 25
—33 52	154 07	—62 47	—51 48	194 25	—69 51
—33 56	156 38	—61 46	—51 48	196 20	—70 21
—33 51	157 18	—62 07	—52 28	199 05	—70 10
—33 31	160 20	—61 04	—52 51	203 56	—70 01
—33 27	160 43	—61 30	—52 54	203 00	—70 44
—33 42	164 05	—60 52	—53 01	205 08	—70 10
—33 38	163 42	—60 48	—53 12	205 40	—69 52
—33 38	166 28	—60 07	—54 31	208 46	—70 10
—33 44	166 37	—59 55	—54 53	209 24	—70 21
—33 33	167 38	—59 58	—55 01	209 47	—70 58
—33 22	167 40	—59 39	—55 50	211 10	—71 28
—33 00	169 00	—58 43	—56 14	211 43	—71 41
—32 58	169 20	—59 04	—56 39	212 10	—72 18
—32 12	170 27	—58 33	—56 06	212 20	—72 08
—32 11	171 01	—57 28	—56 40	211 57	—72 00
—33 57	171 58	—58 24	—57 06	212 12	—72 14
—33 55	171 59	—58 24	—57 57	213 02	—73 09
—34 29	173 36	—58 26	—58 38	213 10	—73 45
—33 58	172 06	—58 14	—58 39	213 17	—73 45
—34 15	172 50	—58 48	—61 12	213 52	—75 32
—34 24	173 43	—59 00	—61 18	213 57	—75 32
—35 16	174 00	—59 36	—62 36	212 36	—76 37
—35 16	174 00	—59 31	—62 40	212 53	—76 36
—35 16	174 00	—59 25	—63 11	210 18	—77 37
—35 16	174 23	—59 28	—63 23	210 02	—77 26
—36 05	176 17	—59 20	—63 23	210 02	—77 25
—36 27	177 34	—59 54	—63 23	210 02	—77 30
—38 17	179 51	—60 34	—63 36	208 20	—77 53
—38 16	179 58	—60 37	—63 49	208 29	—77 56
—38 54	182 17	—61 21	—63 47	208 26	—77 57
—39 08	182 30	—61 34	—64 25	206 29	—78 30
—39 21	182 57	—61 15	—64 42	206 17	—78 20
—40 47	183 03	—62 21	—65 13	206 03	—78 57

Digitized by Google

Breite	Länge	Inclination	Breite	Länge	Inclination
° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′
—65 26	205 04	—79 16	—73 08	181 03	—85 22
—65 47	204 19	—79 26	—73 53	180 06	—86 02
—65 47	204 19	—79 28	—74 56	173 36	—86 52
—65 50	204 08	—79 30	—74 59	173 40	—87 05
—65 58	204 03	—79 31	—75 10	173 08	—86 59
—65 59	204 03	—79 39	—75 59	175 13	—86 44
—66 08	203 50	—79 39	—76 05	174 58	—87 03
—66 06	203 41	—79 53	—76 58	181 03	—86 46
—66 19	203 09	—80 01	—77 03	181 35	—86 56
—66 26	203 25	—79 57	—76 43	184 30	—86 07
—66 21	203 34	—80 03	—76 48	184 58	—86 30
—66 20	203 59	—79 52	—76 15	191 10	—85 59
—66 34	203 34	—79 55	—76 03	193 43	—85 18
—66 05	204 02	—79 51	—76 42	194 42	—85 25
—66 01	204 04	—79 50	—76 48	194 21	—85 12
—66 11	204 21	—79 44	—77 05	194 38	—85 24
—66 13	204 33	—79 34	—77 47	197 25	—84 49
—65 59	204 01	—79 38	—77 45	197 48	—84 49
—65 57	203 56	—79 47	—77 12	199 24	—85 35
—65 53	203 29	—79 51	—74 50	193 45	—84 49
—66 11	202 12	—79 48	—75 20	194 36	—85 46
—66 12	203 04	—79 35	—72 46	189 59	—84 38
—66 08	201 46	—79 35	—73 10	189 41	—85 08
—65 49	202 02	—79 47	—72 01	187 35	—84 10
—65 50	202 14	—79 38	—71 01	187 37	—84 56
—66 09	202 56	—79 33	—71 08	184 59	—84 04
—67 02	201 00	—80 22	—71 12	184 20	—84 37
—66 39	202 14	—80 01	—69 54	179 55	—84 30
—67 12	202 12	—80 06	—69 52	180 04	—83 34
—67 36	204 00	—80 22	—69 44	179 53	—83 31
—67 46	204 17	—80 43	—68 09	183 10	—82 26
—67 47	204 17	—80 48	—68 04	183 25	—82 13
—67 16	203 20	—80 44	—67 37	186 06	—81 33
—67 19	202 52	—80 26	—67 31	185 13	—81 51
—67 14	201 34	—80 35	—67 09	188 02	—81 03
—67 57	200 00	—80 46	—67 19	188 10	—81 02
—68 38	199 57	—81 18	—65 18	191 39	—79 42
—68 33	199 52	—81 14	—65 21	191 43	—79 19
—68 46	199 38	—81 33	—63 30	194 15	—78 30
—68 59	195 54	—81 54	—63 30	194 22	—78 11
—68 52	198 24	—82 30	—62 17	195 55	—77 30
—69 48	192 25	—82 35	—62 16	196 10	—77 17
—69 55	192 17	—83 00	—61 06	198 08	—76 32
—70 05	191 03	—83 20	—61 11	198 45	—76 34
—70 07	191 11	—82 51	—60 50	200 11	—75 33
—70 26	189 00	—83 07	—60 57	199 03	—75 08
—70 18	186 01	—83 18	—60 18	204 46	—75 08
—70 12	186 23	—83 23	—60 15	208 06	—74 21
—70 39	185 31	—83 35	—60 13	211 44	—74 21
—70 32	185 38	—83 30	—60 16	211 52	—74 14
—70 11	183 50	—83 33	—59 58	216 28	—73 36
—69 56	184 43	—84 03	—59 24	218 55	—73 30
—69 53	182 51	—84 09	—59 07	219 12	—73 48
—70 37	181 09	—84 06	—58 53	222 27	—73 38
—71 03	180 57	—84 20	—59 04	228 09	—73 25
—72 46	181 46	—85 04	—59 03	228 33	—72 57
—72 07	181 50	—84 59	—59 39	232 48	—72 54

Digitized by Google

Breite	Länge	Inclination	Breite	Länge	Inclination
° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′
—59 45	233 55	—72 51	—58 51	277 05	—65 27
—60 09	236 11	—73 01	—58 25	279 44	—64 44
—60 16	236 11	—73 00	—58 23	280 03	—64 49
—60 21	237 02	—72 45	—58 31	281 38	—63 48
—60 22	237 14	—73 08	—58 29	282 10	—63 41
—60 20	237 54	—72 44	—58 36	285 33	—63 00
—60 01	241 31	—72 40	—58 31	285 56	—63 05
—59 17	245 40	—71 29	—57 21	289 36	—61 36
—59 11	246 37	—71 24	—57 22	289 50	—61 15
—59 15	248 12	—71 26	—57 26	291 36	—59 52
—58 59	249 18	—71 04	—57 11	292 14	—58 51
—58 26	251 42	—70 55	—56 37	294 34	—59 02
—58 29	252 18	—70 50	—56 40	294 46	—59 01
—58 33	254 45	—70 16	—54 48	297 21	—56 48
—58 35	255 10	—70 11	—54 50	298 08	—56 10
—58 42	257 44	—69 50	—52 54	300 27	—53 52
—58 45	257 58	—69 47	—52 34	300 10	—53 25
—58 58	267 18	—68 00	—52 03	301 56	—52 34
—59 00	267 18	—67 39	—51 42	301 36	—52 04
—59 02	271 58	—67 01	—51 32	301 53	—52 36
—50 01	272 06	—66 53	—51 32	301 53	—52 15
—58 54	276 18	—66 10			

Tafel VII.

Intensitäten, beobachtet auf den Schiffen Erebus und Terror vom April 1841 bis August 1842.

Breite	Länge	Intensität	Breite	Länge	Intensität
° ′	° ′		° ′	° ′	
—43 00	148 28	1·853	—33 41	166 23	1·638
—43 03	148 20	1·849	—33 44	166 37	1·627
—42 13	149 29	1·823	—33 22	167 40	1·630
—42 24	149 30	1·822	—33 34	167 37	1·600
—40 54	149 13	1·818	—32 58	169 20	1·620
—40 51	149 28	1·814	—32 58	169 20	1·604
—38 17	150 22	1·795	—32 11	171 02	1·589
—37 31	151 09	1·769	—33 32	171 59	1·596
—37 28	151 30	1·758	—33 57	172 04	1·601
—34 35	151 30	1·734	—34 15	172 50	1·597
—34 51	151 25	1·738	—34 24	173 43	1·619
—33 51	151 17	1·698	—35 16	174 00	1·607
—33 51	151 17	1·719	—35 16	174 00	1·610
—33 51	151 17	1·719	—35 16	174 00	1·620
—32 52	154 07	1·708	—36 20	177 27	1·616
—33 57	153 35	1·703	—35 15	173 39	1·624
—33 51	157 18	1·680	—36 26	177 34	1·625
—33 56	156 38	1·679	—38 13	179 46	1·634
—33 27	160 43	1·668	—38 17	179 31	1·627
—33 31	160 20	1·671	—38 54	182 05	1·640
—33 38	163 42	1·655	—39 10	182 58	1·628
—33 42	163 50	1·658	—40 02	183 02	1·652

Digitized by Google

Breite	Länge	Intensität	Breite	Länge	Intensität
° ′	° ′		° ′	° ′	
—40 47	183 03	1·672	—65 49	202 02	1·959
—41 34	183 40	1·666	—65 47	202 08	1·948
—41 49	183 41	1·684	—67 16	203 40	1·976
—42 40	183 46	1·682	—67 46	204 17	1·960
—43 32	183 03	1·714	—67 37	204 12	1·965
—43 54	183 06	1·707	—67 21	202 15	1·967
—45 39	183 18	1.733	—67 12	202 24	1·946
—46 29	184 00	1·744	—67 15	201 34	1·935
—47 26	184 37	1·753	—68 08	199 57	1·955
—48 18	185 54	1·772	—68 29	199 55	1·991
—49 04	187 11	1·767	—68 46	199 39	1·961
—49 05	186 54	1·772	—68 52	198 24	1·966
—49 27	189 13	1·773	—69 29	192 24	2·001
—49 24	187 23	1·772	—70 00	191 36	1·965
—49 27	189 51	1·775	—70 14	196 16	1·976
—49 50	190 46	1·766	—70 18	185 16	1·983
—50 14	191 06	1·780	—70 23	185 33	1·996
—50 08	191 39	1·771	—70 27	181 59	1·988
—50 42	192 11	1·777	—70 28	181 20	1·999
—51 34	194 29	1·806	—72 41	181 41	2·001
—51 37	194 00	1·794	—72 46	181 46	1·989
—52 13	197 03	1.799	—74 58	173 34	2·008
—52 43	201 40	1·822	—75 05	173 17	2·024
—52 52	204 31	1·820	—75 42	174 14	2·006
—53 01	205 08	1·825	—76 33	180 09	2·021
—53 31	206 14	1·834	—77 02	181 37	2·007
—54 54	209 16	1·8I4	—76 48	184 46	2·009
—55 08	210 00	1·816	—76 20	191 26	2·024
—56 14	211 43	1·836	—76 24	184 54	2·004
—56 38	211 30	1·851	—77 00	194 38	2·009
—56 30	211 50	1·841	—77 13	193 52	2·011
—57 04	212 06	1·843	—77 47	197 25	2·001
—58 08	212 40	1·866	—77 14	199 29.	1·992
—57 44	212 59	1·863	—75 20	194 36	2·003
—58 32	213 09	1 878	—74 50	193 45	1·999
—58 45	213 19	1·888	—73 10	189 21	2·000
—61 02	213 52	1·892	—72 24	188 47	1·990
—61 20	213 57	1·923	—72 03	187 40	1·999
—62 34	212 34	1·916	—71 34	186 09	1·999
—62 40	212 53	1·937	—71 08	184 59	2·009
—63 21	209 37	1·910	—69 54	179 55	1·999
—63 23	210 02	1. 952	—69 48	179 56	1·994
—63 23	210 02	1·938	—68 09	183 10	1·981
—64 02	207 33	1·927	—68 04	183 25	1·981
—63 47	208 26	1·945	—67 35	185 18	1·978
—64 49	206 36	1·948	—67 24	187 51	1·981
—64 51	206 19	1·943	—66 56	189 36	1·980
—65 26	205 04	1·931	—65 17	191 58	1·955
—66 00	204 09	1·971	—63 30	194 15	1·942
—65 50	204 12	1·950	—63 05	195 18	1·941
—66 33	203 28	1·981	—61 57	196 33	1·916
—66 09	203 51	1·949	—61 07	199 05	1·924
—66 09	204 26	1·970	—60 19	203 42	1·920
—66 07	204 00	1·944	—60 16	207 52	1·881
—66 10	203 58	1·973	—60 15	209 55	1·907
—65 57	203 56	1·949	—59 13	216 28	1·910
—66 03	202 29	1·945	—59 22	218 14	1·909

Digitized by Google

Breite	Länge	Intensität	Breite	Länge	Intensität
—58 33	220 27	1·878	—59 01	272 06	1·747
—58 49	221 25	1·913	—58 58	272 35	1·747
—59 01	227 43	1·897	—58 24	276 18	1·722
—59 29	231 53	1·890	—58 27	280 20	1·672
—60 18	236 31	1·909	—58 27	282 04	1·652
—60 05	235 56	1·884	—58 36	285 33	1·648
—60 17	236 38	1·892	—57 23	290 34	1·592
—60 20	237 55	1·907	—57 16	292 01	1·544
—60 24	237 29	1·907	—55 42	295 57	1·495
—59 05	247 27	1·875	—56 03	295 54	1·478
—59 31	245 13	1·861	—52 40	299 52	1·355
—58 26	251 42	1·885	—52 54	300 57	1·367
—58 33	254 45	1·824	—52 05	301 39	1·340
—58 36	255 30	1·821	—51 32	301 53	1·333
—58 47	258 13	1·832	—51 32	301 53	1·336
—58 59	267 50	1·783			

Tafel VIII.

Intensitäten, beobachtet in Canada und an der Hudson's Bai in den Jahren 1842, 1843, 1844, 1845.

Station	Breit.	Länge	Intensität	Station	Breit.	Länge	Intensität
1842.	° ′	° ′		Pointe aux Chênes	45 37	285 05	1·805
				Foxes Point	45 32	284 26	1·832
Quebec	46 49	288 44	1·827	Point Aylmer	45 15	284 02	1·825
Three Rivers	46 19	287 24	1·826	Chat Falls	45 26	283 28	1·840
Sorel	46 02	287 00	1·815	Grand Calumet	45 45	283 20	1·826
Kingsey	45 48	287 41	1·808	Fort Coulogne	45 56	282 56	1·844
Stanstead	45 02	287 50	1·799	Pointe Baptème	46 06	282 34	1.822
St. Helen's	45 31	286 25	1·811	Deux Joachim's Portage	46 12	281 41	1·830
New York	40 49	285 57	1·769	Trou Portage	46 15	281 27	1·841
Providence	41 50	288 35	1·781	Little River	46 18	281 17	1·838
Cambridge	42 22	288 52	1·777	Lac du Grand Vase	46 18	280 34	1·846
Philadelphia	39 58	284 50	1·793	Lake Nipissing	46 14	280 01	1·836
Baltimore	39 17	283 23	1·782	Ricolet Falls	45 57	278 59	1·870
Washington	38 53	282 59	1·772	Pointe au Croix	45 55	278 42	1·852
Princeton	40 22	285 20	1·783	Lake Huron	46 00	278 10	1·840
Newhaven	41 18	287 02	1·773	Snake Island	46 10	277 10	1·833
West Point	41 24	285 59	1·807	Tessalon Point	46 16	276 29	1·852
Albany	42 39	286 15	1·797	Pointe aux Pins	46 29	275 19	1·862
Cleveland	41 30	278 18	1·807	Pointe au Crêpe	46 58	275 02	1·877
Detroit	42 24	277 00	1·826	Fort Michipicoton	47 56	274 55	1·855
South Manitou Island	45 05	274 22	1·846	Otter Island	48 07	273 45	1·801
Chicago	41 53	272 16	1·823	Pic Fort	48 38	273 31	1·846
				Terreplatte	48 49	272 15	1·854
1843.				Pointe Tonnere	48 19	270 58	1·876
				Fort William	48 24	270 38	1·865
Toronto	43 39	280 39	1·836	Portage Ecarté	48 25	270 15	1·852
St. Helen's	45 31	286 25	1·823	Chien Portage	48 39	270 26	1·865
Isle d'Urval	45 24	286 14	1·806	Prairie Portage	48 57	269 59	1·858
La Combes	45 32	285 51	1·831	Savannah Portage	48 43	269 57	1·867

Digitized by Google

Station	Breit.	Länge	Intensität
French Portage	48° 35′	268° 53′	1·860
Port. de deux Rivières	48 35	268 33	1·862
L. à la Crosse	48 24	267 50	1·860
2-nd Portage from ditto	48 15	267 36	1·855
Sturgeon Lake	48 28	267 27	1·861
Lac la Pluie	48 32	267 04	1·859
Fort Francis	48 37	266 31	1·853
Rainy River	48 48	265 29	1·895
Lake of the Woods	49 19	265 18	1·867
Lake of the Woods	49 28	265 20	1·856
Rat Portage	49 46	265 21	1·858
Winnipeg River	50 10	264 50	1·877
Slave Portage	50 11	264 23	1·867
Fort Alexander	50 37	263 39	1·857
Lake Winnipeg	50 27	263 22	1·867
Upper Fort Garry	49 53	262 57	1·862
Mouth of the Red River	50 19	263 19	1·863
Lake Winnipeg	51 04	263 15	1·862
Lake Winnipeg	51 38	263 12	1·912
Lake Winnipeg	51 45	263 07	1·904
Lake Winnipeg	52 23	262 51	1·880
Lake Winnipeg	52 29	262 47	1·865
Norway House	53 59	261 53	1·873
Long Portage	55 15	265 35	1·879
White Eart Portage	55 26	265 57	1·862
Shamatava	56 21	267 04	1·861
York Factory	57 00	267 34	1·855
Hill River	55 22	266 00	1·871
Oxford House	54 56	264 30	1·880
Windy Lake	54 37	263 58	1·870
Whitfall Portage	54 24	263 34	1·871
Hairy Lake	54 20	262 50	1·859
Old Norway House	53 42	261 59	1·874
Lake Winnipeg	53 31	260 48	1·864
Grand Rapid	53 08	260 32	1·875
Crosse Lake	53 10	260 28	1·876
Cedar Lake	53 18	259 48	1·871
Cumberland House	53° 57′	257° 41′	1·867
Beaver Lake	54 26	257 50	1·869
Portage du Epinettes	55 04	257 18	1·871
Frog Portage	55 27	256 30	1·857
Little Rock Portage	55 34	255 26	1·995
Great Devil's Portage	55 40	255 12	1·875
Pine Portage	55 43	254 04	1·884
Snake Rapid	55 46	253 30	1·874
Portage Sonnante	55 54	252 24	1·858
Isle à la Crosse	55 25	252 06	1·851
Buffaloe Lake	56 04	251 20	1·854
River de la Loche	56 15	250 42	1·826
Portage de la Loche	56 34	250 16	1·835
Clearwater River	56 39	249 11	1·850
Pierre au Calumet	57 24	248 25	1·938
Pointe Brulée	58 07	248 35	1·852
Althabasca	58 43	248 42	1·838
1844.			
Fort Vermilion	58 55	243 55	1·811
Fort Dunvegan	55 35	241 35	1·809
Fort Edmonton	53 31	247 08	1·809
Cumberland House	53 57	257 51	1·853
1845.			
Brockville	44 35	284 15	1·812
Cornwall	45 02	285 13	1·822
Montreal	45 31	286 25	1·788
Quebec	46 49	288 44	1·801
Niagara	43 05	280 51	1·822
Buffaloe	42 52	281 06	1·814
Amherstburg	42 06	276 47	1·822
Detroit	42 24	277 02	1·814
Port Sarnia	42 58	277 26	1·825
Goderich	43 45	278 08	1·828

Tafel IX.

Total-Intensitäts-Bestimmungen in Nord-Amerika.

Station	Breit.	Länge	Total-Intensität
	Zwischen 38° und 40° Br.		
St. Louis	38° 38′	269° 56′	13·55
New Harmony	38 11	272 12	13·46
Mount Vernon	37 59	272 13	13·47
Princeton	38 23	272 30	13·48
Vincennes	38 43	272 35	13·56
Paoli	38 05	273 25	13·44
Louis ville	38 03	274 30	13·53
Richmond	39° 49′	275° 13′	13·61
Frankfort	38 14	275 20	13·43
Oxford	39 30	275 22	13·66
Hamilton	39 23	275 28	13·63
Williamstown	38 36	275 38	13·50
Cincinnati	39 06	275 38	13·59
Dayton	39 44	275 43	13·60
Clay's Ferry	37 54	275 42	13·43
Lexington	38 06	275 42	13·38
Mason	39 22	275 47	13·57

Digitized by Google

Station	Breit.	Länge	Total-Intensität	Station	Breit.	Länge	Total-Intensität
	° ′	° ′			° ′	° ′	
Carrolton	39 38	275 51	13·62	Pittsburg	40 32	279 58	13·65
Lebanon	39 26	275 54	13·60	Penetangiashene	44 49	279 59	14·08
Springfield	39 54	276 09	13·55	Toronto	43 39	280 39	13·90
Columbus	39 57	276 57	13·53	Toronto	43 39	280 39	13·90
Marietta Island	39 25	278 32	13·62	Toronto	43 39	280 39	13·90
Near Marietta Island	?	?	13·58	Near Toronto	43 39	280 41	13·89
Chambersburg	39 55	282 20	13·53	Niagara	43 05	280 51	13·79
Mount St. Mary's	39 41	282 42	13·55	Buffaloe	42 53	281 06	13·73
Mount Vernon	38 41	282 53	13·49	Buffaloe	42 53	281 06	13·81
Georgetown	38 53	282 57	13·38	Lockport	43 11	281 14	13·68
Washington	38 53	282 59	13·42	Allegheny Summit	40 27	281 50	13·62
Washington	38 53	282 59	13·41	Rochester	43 08	282 09	13·67
Washington	38 54	282 59	13·62	Cumberland	40 13	283 10	13·54
Washington	38 54	282 59	13·61	Brockville	44 35	284 15	13·71
Baltimore	39 17	283 22	13·47	Utica	43 07	284 47	13·69
Baltimore	39 17	283 23	13·50	Bristol	40 06	285 13	13·38
Baltimore	39 17	283 23	13·49	Trenton	40 13	285 20	13·55
Philadelphia	39 58	284 50	13·50	Princeton	40 22	285 20	13·50
Philadelphia	39 58	284 50	13·57	Princeton	40 22	285 20	13·50
Philadelphia	39 58	284 50	13·50	Princeton	40 22	285 20	13·48
	Zwischen 40° und 48° Br.			Princeton	40 22	285 20	13·55
				New Brunswick	40 30	285 25	13·51
Prairie du Chien	43 01	268 51	13·83	Newark	40 43	285 50	13·50
Brown's Settlement	42 02	268 54	13·76	New York	40 49	285 57	13·48
Mahoqueta River	42 14	269 03	13·76	New York	40 49	285 57	13·39
North branch of ditto	42 23	269 08	13·71	New York	40 49	285 57	13·49
Turkey River	42 42	269 12	13·71	New York	40 49	285 57	13·85
Iron Ore Bed	41 55	269 20	13·99	New York	40 48	285 58	13·50
White Water River	42 18	269 22	13·80	Sanny Hook	40 27	285 58	13·82
Little Mahoqueta River	42 31	269 29	13·80	New York	40 48	285 59	13·51
Davenport	41 80	269 34	13·76	New York	40 43	285 59	13·88
Wabisepinnecon River	41 44	269 37	13·86	West Point	41 24	285 59	13·67
Dubuques Town	42 29	269 37	13·76	Opposite Powkeepsie	41 41	286 04	13·71
Farmer's Creek	42 13	269 37	13·90	Powkeepsie	41 41	286 05	13·52
Lostgrove	41 39	269 51	13·79	Albany	42 39	285 14	13·56
Mineral Point	42 50	270 06	13·76	Albany	42 39	286 14	13·60
Blue Mount	43 01	270 22	13·82	Greenbush	42 39	286 16	13·55
Madison	43 04	270 54	14·09	Oyster Bay	40 52		13·51
Chicago	41 53	272 16	13·80	Bridgeport	41 11	286 48	13·05
Chicago	41 53	272 16	13·77	Newhaven	41 18	287 02	13·42
St. Mary's	40 32	275 41	13·66	Newhaven	41 18	287 02	13·42
Piqua	40 06	275 47	13·61	Newhaven	41 18	287 02	13·51
Urbana	40 05	276 12	13·74	Greenport	41 06	287 38	13·14
Ann Arbor	42 18	276 15	13·84	Stamford	41 03		13·51
Amherstburg	42 06	276 47	13·79	Saybrook	41 17	287 39	13·39
Detroit	42 25	277 04	13·72	Stonington	41 20	288 05	13·13
Detroit	42 25	277 04	13·73	Mount Washington	44 17	288 31	13·47
Detroit	42 25	277 04	13·82	Providence	41 50	288 35	13·48
Port Sarnia	42 58	277 26	13·81	Near Mount Washington	44 16	288 31	13·47
Huron	41 26	277 33	13·75	Goreham	44 27	288 47	13·58
Goderich	43 45	278 03	13·84	Cambridge	42 22	288 52	13·42
Cleveland	41 30	278 18	13·80	Cambridge	42 22	288 52	13·45
Cleveland	41 30	278 18	13·67	Cambridge	42 22	288 52	13·55
Ashtabula	41 52	279 08	14·04	Boston	42 22	289 01	13·37
Warren	41 16	279 11	13·66	Bethel	44 27	289 09	13·54
Wheeling	40 08	279 13	13·72	Locke's Mills	44 24	289 16	13·52
Wellsville	40 38	279 16	13·58	Portland	43 41	289 40	13·44

Digitized by Google

Station	Breit.		Länge		Total-intensität
	Zwischen 45° und 50° Br.				
	°	′	°	′	
Upper Fort Garry	49	53	262	58	14·09
Upper Fort Garry	49	53	262	58	14·05
Lake of the Woods	49	19	265	18	14·13
Lake of the Woods	49	28	265	20	14·05
Rat Portage	49	46	265	21	14·06
Rat Portage	49	46	265	21	13·97
Rainy River	48	48	265	29	14·34
Fort Francis	48	37	266	31	14·03
Fort Francis	48	37	266	31	14·18
Lac de la Pluie	48	32	267	04	14·07
Sturgeon Lake	48	27	267	19	14·08
2-d Pe. from L. à la Crosse	48	15	267	33	14·04
Lac à la Crosse	48	24	267	50	14·08
Port. des deux Rivières	48	35	268	33	14·09
Port. des deux Rivières	48	35	268	33	13·89
French Portage	48	35	268	53	14·08
La Pointe	46	47	269	02	14·19
Savannah Portage	48	53	269	57	14·13
Prairie Portage	48	58	269	59	14·06
Prairie Portage	48	58	269	59	14·18
Portage Ecarté	48	25	270	15	14·02
Portage du Chien	48	39	270	26	14·12
Portage du Chien	48	39	270	26	14·17
Ontanogon River	46	52	270	29	14·12
Fort William	48	24	270	37	14·12
Fort William	48	24	270	37	13·91
Pointe Tonnerre	48	19	270	58	14·20
Isle Royale	48	06	271	13	14·30
Eagle River	47	27	271	37	14·08
United States Agency	47	28	271	59	14·76
Hougthon's River	47	28	271	59	13·94
Magnetic Inlet	47	29	271	59	14·46
Isthmus	47	28	272	00	14·34
Terreplatte	48	49	272	15	14·03
Encampment	46	44	272	17	14·05
Lake Superior	48	46	272	20	15·89
Pic à Fort	48	38	273	29	13·84
Pic Fort	48	38	273	29	13·97
White River	48	33	273	33	14·12
Otter Island	48	06	273	43	13·63
South Manitou Island	45	05	274	22	13·97
Gargantua	47	37	274	49	15·26
Michipicoton	47	56	274	55	14·04
Michipicoton	47	56	274	55	13·93
Pointe au Crêpe	46	58	275	02	14·21
Pointe aux Pins	46	29	275	19	14·09
Machinac	45	52	275	19	14·10
Sault St. Mary	46	31	275	26	13·98
Sault St. Mary	46	31	275	26	14·08
Tessalon Point	46	16	276	29	14·02
Snake Island	46	10	277	10	13·87
Fort la Cloche	46	07	277	35	13·64
Lake Huron	46	00	278	10	13·93
Pointe au Croix	45	55	278	42	14·02
Ricolet Falls	45	57	278	59	14·15
Lake Nipissing	46	13	280	01	13·90
Lake du Grand Vase	46	18	280	34	13·97
Little River	46	18	281	17	13·91
Trou Portage	46	15	281	27	13·93
Deux Joachim's Point	46	12	281	41	13·85
Pointe Bapfème	46	06	282	34	13·79
Fort Coulange	45	56	282	56	13·95
Grand Calumet	45	45	283	20	13·82
Chat Falls	45	26	283	28	13·93
Point Aylmer	45	29	284	12	13·81
Cornwall	45	02	284	13	13·79
Pointe aux Chênes	45	37	285	05	13·66
La Combes	45	32	285	51	13·81
Foxes Point	45	32	286	26	13·86
Isle d'Urval	45	24	286	14	13·67
Montreal	45	30	286	24	13·53
St. Helen's	45	30	286	24	13·79
St. Helen's	45	30	286	24	13·78
Sorel	46	02	287	00	13·74
Three Rivers	46	19	287	24	13·82
Kingsey	45	48	287	41	13·69
Stanstead	45	02	287	50	13·61
Quebec	45	49	288	44	13·78
Quebec	45	49	288	44	13·83
Quebec	45	49	288	44	13·63
	Zwischen 50° und 55° Br.				
Fort Edmonton	53	31	247	08	13·69
Fort Edmonton	53	31	247	08	14·04
Saskatchawan River	54	05	248	16	13·71
Saskatchawan River	53	50	249	30	13·84
Fort Pitt	53	34	250	41	14·15
Saskatchawan River	53	07	251	30	14·24
Saskatchawan River	52	23	252	56	14·09
Carlton House	52	51	253	47	13·74
Saskatchawan River	53	16	255	12	13·94
Cumberland House	53	57	257	41	14·12
Cumberland House	53	57	257	41	14·12
Beaver Lake	54	32	257	50	14·14
Near the Pas	53	48	258	32	14·32
Devils Drum Island	53	19	259	15	13·82
Cedar Lake	53	12	259	30	14·16
Cross Lake	53	10	260	28	14·20
Cross Lake	53	10	260	28	14·21
Grand Rapid	53	08	260	32	14·19
Grand Rapid	53	08	260	34	14·11
Lake Winnipeg	53	31	260	48	14·09
Norway House	53	59	261	53	14·18
Norway House	53	59	261	53	14·18
Old Norway House	53	42	261	59	14·18
Lake Winnipeg	52	29	262	47	14·12
Hairy Lake	54	21	262	50	14·07
Lake Winnipeg	52	23	262	51	14·22
Lake Winnipeg	52	21	262	51	14·38
Lake Winnipeg	51	45	263	07	14·42

Digitized by Google

Station	Breit.	Länge	Total-Intensität
	° ′	° ′	
Lake Winnipeg . . .	51 44	263 12	15·37
Lake Winnipeg . . .	51 38	263 12	14·47
Lake Winnipeg . . .	51 04	263 15	14·10
Lake Winnipeg . . .	51 34	263 20	14·40
Lake Winnipeg . . .	50 27	263 22	14·13
White Fall Portage .	54 24	263 34	14·15
Fort Alexander . . .	50 37	263 39	14·05
Fort Alexander . . .	50 37	263 39	14·08
Lake Winnipeg . . .	51 04	263 39	14·52
Mouth of the Red River	50 19	263 19	14·11
Windy Lake	54 37	263 58	14·15
Slave Portage . . .	50 11	264 23	14·13
Oxford House . . .	54 56	264 30	14·21
Winnipeg River . .	50 10	264 51	14·21
Zwischen 55° und 60° Br.			
Fort Dunvegan . . .	55 56	241 35	13·69
Fort Dunvegan . . .	55 56	241 35	14·03
Fort Vermilion . . .	58 25	243 55	13·71
Fort Vermilion . . .	58 25	243 55	14·07
Lesser Slave Lake . .	55 33	244 07	13·87
Pierre au Calumet . .	57 24	248 25	14·66
Pierre an Calumet . .	57 24	248 25	14·33
Pointe Brulée . . .	58 07	248 35	14·02
Pointe Brulée . . .	58 07	248 35	14·00
Athabasca	58 43	248 42	13·91
Athabasca	58 43	248 42	13·94
Clearwater River . .	56 39	249 11	14·00
Clearwater River . .	56 39	249 11	13·85
Portage de la Loche .	56 34	250 23	13·89
Portage de la Loche .	56 34	250 23	13·95
River de la Loche . .	56 15	250 37	13·82
River de la Loche .	56 15	250 37	13·90
Buffaloe Lake . . .	56 05	251 19	14·03
Buffaloe Lake . . .	56 05	251 19	13·97
Isle à la Crosse . .	55 27	252 06	14·01
Isle à la Crosse . .	55 27	252 06	14·01
Portage Sonnante . .	55 54	252 34	14·06
Snake Rapid	55 46	253 30	14·18
Pine Portage . . .	55 43	254 10	14·26
Great Devil's Portage	55 40	255 11	14·19
Little Rock Portage .	55 34	255 27	15·10
Frog Portage . . .	55 28	256 30	14·06
Portage des Epinettes	55 04	257 18	14·16
Long Portage . . .	55 15	265 35	14·22
Hill River	55 22	266 00	14·16
White Earth Portage	55 32	266 10	14·09
Shamatava	56 21	267 04	14·08
York Factory . . .	57 00	267 34	14·03
York Factory . . .	57 00	267 34	14·07
Zwischen 60° und 67° Br.			
Fort Good Hope . .	66 16	231 30	13·64
Fort Norman . . .	64 31	235 16	13·63
Fort Resplution . . .	61 10	246 15	13·99
Fort Simpson . . .	61 51	238 35	13·84

Tafel X.

Inclinationsbestimmungen in Nordamerika.

Station	Breite	Länge	Jahr	Inclination	
				Von 68° 30′ bis 69° 30′	
	° ′	° ′		° ′	
Princeton	38 23	272 30	1840	69 22·8	
Mount Vernon	37 59	272 13	1840	68 56·3	
New Harmony	38 11	272 12	1840	69 03·6	
St. Louis	38 38	269 56	1839	69 31·4	69 27·9
St. Louis	38 38	269 56	1841	69 25·5	
St. Louis	38 38	269 56	1841	69 26·9	
				Von 69° 30′ bis 70° 30′	
Lexington	38 06	275 42	1840	69 54·5	
Clay's Ferry	37 54	275 42	1840	69 49·0	
Cincinnati	39 06	275 38	1838 bis 1844	70 26·5	70 27·1
Cincinnati	39 06	275 38	1841	70 27·7	

Digitized by Google

Station	Breite	Länge	Jahr	Inclination	
	° ′	° ′		° ′	° ′
Williamstown	38 36	275 38	1840	70 04·1	
Frankfort	38 14	275 20	1840	69 54·9	
Louisville	38 03	274 30	1840	69 54·4	
Paoli	38 05	273 35	1840	69 33·8	
Vincennes	38 43	272 35	1840	69 51·0	69 51·9
Vincennes	38 43	272 31	1841	69 52·8	
Edwardsville	38 50	270 07	1841	69 57·7	
Bunker's Hill	39 04	270 07	1841	69 49·1	
Upper Alton	38 55	269 57	1841	69 45·7	
Alton	38 54	269 56	1841	69 34·8	
Monticello	38 57	269 55	1841	69 38·9	
	Von 70° 30′ bis 71° 30′				
Washington	38 53	282 59	1839	71 21·4	
Washington	38 53	282 59	1841	71 15·9	
Washington	38 53	282 59	1844	71 10·5	71 15·0
Washington	38 53	282 59	1841	71 14·8	
Washington	38 53	282 59	1842	71 13·8	
Washington	38 53	282 59	1844	71 13·4	
Washington	38 53	282 59	1844	71 39·3	
Washington	38 53	282 59	1844	71 34·8	
Washington	38 53	282 59	1844	71 14·9	
Washington	38 53	282 59	1844	71 20·5	
Georgetown	38 53	282 57	1844	71 19·0	
Mount Vernon	38 41	282 53	1844	70 55·5	
Marietta Island	39 25	278 32	1845	71 22·3	
Hebron	39 59	277 31	1841	71 10·1	
Columbus	39 57	276 57	1840	71 04·9	
Columbus	39 57	276 57	1841	71 03·7	71 04.3
Columbus	39 57	276 57	1845	71 04·3	
Springfield	39 54	276 09	1840	71 27·4	
Lebanon	39 26	275 54	1840	71 02·7	
Carrolton	39 38	275 51	1845	71 10.0	
Mason	39 22	275 47	1840	70 54·2	
Dayton	39 44	275 43	1838	71 22·7	71 22·3
Dayton	39 44	275 43	1840	71 22·0	
Hamilton	39 23	275 28	1840	70 58·0	
Oxford	39 30	275 22	1845	71 10·0	
Richmond	39 49	275 13	1845	71 20·3	
Pekin	40 35	270 24	1841	71 13·2	
	Von 71° 30′ bis 72° 30′				
New York (New Asylam)	40 48	285 58	1841	72 21·0	
Trenton	40 13	285 20	1841	71 59·0	
Bristol	40 06	285 13	1842	72 25·0	
Philadelphia	39 58	284 50	1844	72 09·2	
Philadelphia	39 58	284 50	1839	72 07·1	
Philadelphia	39 58	284 50	1841	71 54·5	
Philadelphia	39 58	284 50	1841	71 58·2	
Philadelphia	39 58	284 50	1841	72 00·2	71 58·7
Philadelphia	39 58	284 50	1842	71 59·0	
Philadelphia	39 58	284 50	1842	72 01·0	
Philadelphia	39 58	284 50	1844	71 59·3	
Cumberland	40 13	283 10	1844	71 36·0	
Baltimore	39 17	283 23	1839	71 50·3	
Baltimore	39 17	283 23	1841	71 47·2	71 48·8
Baltimore	39 17	283 23	1841	71 50·1	
Baltimore	39 17	283 23	1842	71 47·5	

Digitized by Google

Station	Breite	Länge	Jahr	Inclination	
	° ′	° ′		° ′	° ′
Baltimore	39 17	283 23	1840	71 34·4	
Baltimore	39 17	283 23	1841	71 35·4	
Baltimore	39 17	283 23	1841	71 32·0	71 34·1
Baltimore	39 17	283 23	1842	71 36·0	
Baltimore	39 17	283 23	1844	71 32·5	
Baltimore	39 17	283 23	1841	71 34·1	
Baltimore	39 17	283 23	1841	71 48·2	71 49·5
Baltimore	39 17	283 23	1841	71 50·7	
Baltimore	39 17	283 22	1841	71 39·7	
Baltimore	39 17	283 22	1841	71 39·2	
Baltimore	39 17	283 22	1841	71 38·9	71 39·6
Baltimore	39 17	283 22	1842	71 40·7	
Baltimore	39 17	283 22	1844	71 39·5	
Mount St. Mary's	39 41	282 42	1842	71 46·3	
Chambersburg	39 55	282 20	1842	71 57·4	
Allegheny Summit	40 27	281 50	1845	72 27·1	
Wheeling	40 08	279 13	1844	72 19.3	72 16·5
Wheeling	40 08	279 13	1845	72 13·7	
Dover	40 33	278 30	1841	72 19·2	
Frazerburg	40 09	277 52	1841	71 48·7	
Urbana	40 05	276 12	1840	71 39·7	
Piqua	40 06	275 47	1840	71 35·8	
St. Mary's	40 32	275 41	1845	72 00·3	
Ottawa	41 15	271 10	1841	72 20·2	
Juliet	41 30	271 09	1841	72 16·0	
Peru	41 23	270 55	1841	71 51·1	71 50·3
Peru	41 23	270 55	1841	71 49·6	
Lostgrove	41 39	269 51	1839	72 02·4	
Wabisepinnocon River	41 44	269 37	1839	72 15·0	
Davenport	41 30	269 34	1839	71 55·1	
Brown's Settlement	42 02	268 54	1839	72 21·0	
	Von 72° 30′ bis 73° 30′				
Stonington	41 20	288 05	1845	73 25·1	
Greenport	41 06	287 38	1845	72 57·9	
Newhaven	41 18	287 02	1839	72 26·7	
Newhaven	41 18	287 02	1842	73 27·4	73 26·2
Newhaven	41 18	287 02	1842	73 29·8	
Newhaven	41 18	287 02	1844	73 20·9	
Bridgeport	41 11	286 48	1845	73 21·3	
West Point	41 24	285 59	1839	73 27·4	
West Point	41 24	285 59	1840	73 20·1	73 28·8
West Point	41 24	285 59	1841	73 37·2	
West Point	41 24	285 59	1842	73 30·4	
New York, Columbia College	40 43	285 59	1834	72 51·7	
New York, Columbia College	40 43	285 59	1844	72 38·0	
New York, Columbia College	40 43	285 59	1839	72 52·2	72 44·5
New York, Columbia College	40 43	285 59	1841	72 41·0	
New York, Columbia College	46 43	285 59	1844	72 42·6	
New York, Columbia College	40 43	285 59	1845	72 40·6	
Sandy Hook	40 27	285 58	1844	72 37·9	
Lunatic Asylum, Manhattanville	40 49	285 57	1841	72 39·6	
Lunatic Asylum, Manhattanville	40 49	285 57	1844	72 41·7	72 42·5
Lunatic Asylum, Manhattanville	40 49	285 57	1842	72 39·5	
Lunatic Asylum, Manhattanville	40 49	285 57	1844	72 49·0	
Newark	40 43	285 50	1841	72 49·0	72 48·6
Newark	40 43	285 50	1844	72 48·3	

Digitized by Google

Station	Breite	Länge	Jahr	Inclination	
	° ′	° ′		° ′	° ′
New Brunswick	40 30	285 25	1844	72 43·2	
Princeton	40 30	285 25	1844	72 41·4	
Princeton	40 30	285 25	1844	72 35·9	
Princeton	40 22	285 20	1839	72 47·1	
Princeton	40 22	285 20	1842	72 43·5	72 42·6
Princeton	40 22	285 20	1844	72 39·5	
Princeton	40 22	285 20	1844	72 40·4	
Pittsburg	40 32	279 58	1839	72 38·9	
Pittsburg	40 32	279 58	1841	72 43·5	72 43·1
Pittsburg	40 32	279 58	1842	72 43·2	
Pittsburg	40 32	279 58	1845	72 46·7	
Beaver	40 44	279 33	1839	72 40·3	
Hartford	41 19	279 26	1840	72 59·8	
Kinsman	41 30	279 26	1840	73 08·1	
Wellsville	40 38	279 16	1844	72 35·3	
Bazetta	41 20	279 15	1840	72 59·7	
Warren	41 16	279 11	1840	73 00·7	72 58·3
Warren	41 16	279 11	1844	72 55·9	
Ashtabula	41 52	279 08	1844	73 25·0	
Windham	41 15	278 57	1840	73 03·4	
Shakersville	41 15	278 47	1840	72 56 6	
Streetsboro	41 15	278 40	1840	72 53·0	
Aurora	41 20	278 40	1840	72 55·5	
Twinsburgh	41 20	278 34	1840	72 51·3	
Hudson	41 15	278 34	1838-42	72 48·4	
Tallmadge	41 06	278 38	1840-41	72 50·7	
Bedford	41 24	278 28	1840	72 58·1	
Fulton	40 55	278 22	1841	72 38·9	
Clinton	40 58	278 20	1841	72 44·0	
Cleveland	41 30	278 18	1839	73 26·0	
Cleveland	41 30	278 18	1840	73 14·1	
Cleveland	41 30	278 18	1841	73 04·3	73 11·2
Cleveland	41 30	278 18	1842	73 03·8	
Cleveland	41 30	278 18	1843	73 08·0	
Brooklyn	41 30	278 17	1841	73 16·3	
Huron	41 26	277 33	1843	73 00·0	
Sandusky	41 29	277 13	1839	72 57·8	
Amhertsburg	42 06	276 47	1845	73 29·9	
Munroe	41 55	276 32	1839	73 32·3	73 25·6
Munroe	41 55	276 32	1841	73 19·0	
Toledo	41 41	276 28	1839	73 06·1	
Maumee	41 34	276 23	1839	72 49·1	
Ypsilanti	42 14	276 22	1839	73 18·0	73 18·4
Ypsilanti	42 14	276 22	1841	73 18·8	
Ann Arbor	42 18	276 15	1839	73 13·9	
Ann Arbor	42 18	276 15	1841	73 16·5	73 14·7
Ann Arbor	42 18	276 15	1843	73 13·6	
Chicago	41 53	272 16	1841	72 47·8	
Chicago	41 53	272 16	1841	72 45·8	72 44·3
Chicago	41 53	272 16	1842	72 39·3	
Champbells	43 01	270 34	1841	73 28·1	
Mineral Point	42 50	270 02	1839	73 20·6	73 21·8
Mineral Point	42 50	270 02	1841	73 23·0	
Salena	42 28	269 47	1841	73 03·0	
Platteville	42 43	269 46	1841	73 17·2	
Farmer's Creek	42 13	269 37	1839	72 36·0	
Dubuques Town	42 29	269 37	1839	73 05·0	

Digitized by Google

Station	Breite	Länge	Jahr	Inclination	
	° ′	° ′		° ′	° ′
Little Mahoqueta	42 31	269 29	1839	73 08·0	
White Water River	42 18	269 22	1839	72 55·0	
Iron Ore Bed	41 55	269 20	1839	72 50·5	
Turkey River	42 42	269 12	1839	73 11·0	
Mahoqueta, North Branch	42 23	269 08	1839	72 51·0	
Mahoqueta River	42 14	269 05	1839	72 43·6	
Prairie di Chien	43 01	268 51	1839	73 16·6	
		Von 73° 30′ bis 74° 30′			
Boston	42 22	289 01	1842	74 05·7	
Boston	42 21	288 56	1841	74 09·4	
Dorchester	42 19	288 55	1842	74 12·8	
Cambridge	42 22	288 52	1839	74 20·1	
Cambridge	42 22	288 52	1841	74 17·3	
Cambridge	42 22	288 52	1842	74 14·8	74 18·2
Cambridge	42 22	288 52	1842	74 19·5	
Cambridge	42 22	288 52	1845	74 19·4	
Cambridge, New Observatory	42 23	288 52	1844	74 18·2	
Providence	41 50	288 35	1839	73 59·6	
Providence	41 50	288 35	1841	74 02·8	74 01·1
Providence	41 49	288 35	1842	74 00·0	
Worcester	42 16	288 12	1839	74 20·6	
Springfield	42 06	287 24	1839	74 06·9	74 08·8
Springfield	42 06	287 24	1841	74 10·7	
Longmeadow	42 02	287 24	1839	74 05·3	
Harford	41 46	287 19	1839	73 58·1	
Powkeepsie	41 41	286 05	1844	73 57·7	
Opposite Powkeepsie	41 41	286 04	1844	74 12·3	
Port Sarnia	42 58	277 26	1845	73 15·7	
Detroit	42 24	277 00	1845	73 38·8	
Detroit	42 25	277 00	1839	73 42·6	
Detroit	42 25	277 00	1841	73 35·2	73 35·0
Detroit	42 25	277 00	1841	73 32·7	
Detroit	42 25	277 00	1842	73 28·7	
Detroit	42 25	277 00	1843	73 32·2	
Madison	43 04	270 54	1839	74 03·0	74 04·7
Madison	43 03	270 54	1841	74 06·5	
Blue Mound	43 01	270 22	1839	73 41·0	73 38·0
Blue Mound	43 00	270 22	1841	73 34·9	
Hickoks	42 58	270 13	1841	73 39·5	
		Von 74° 30′ bis 75° 30′			
Portland	43 41	289 40	1845	75 13·7	
Portsmouth	43 05	289 16	1844	74 47·7	
Portsmouth	43 03	289 16	1844	74 38·0	
Portsmouth	43 04	289 13	1844	74 53·7	74 51·0
Portsmouth	43 04	289 15	1844	74 58·2	
Portsmouth	43 05	289 15	1844	74 57·4	
Greenbush	42 39	286 16	1844	74 40·6	
Albany	42 39	286 15	1839	74 51·3	
Albany	42 39	286 15	1841	74 40·1	
Albany	42 39	286 15	1841	74 39·9	74 43·2
Albany	42 39	286 15	1842	74 44·6	
Albany	42 39	286 15	1844	74 40·2	
Schenectady	42 48	286 05	1839	74 36·1	
Utica	43 07	284 47	1839	74 57·2	74 53·0
Utica	43 07	284 47	1844	74 48·8	

Digitized by Google

Station	Breite	Länge	Jahr	Inclination	
	° ′	° ′		° ′	° ′
Syracuse	43 00	283 46	1839	74 50·9	
Chat Falls	45 26	283 28	1843	75 16·1	
Oswego	43 26	283 24	1839	75 11·3	75 09·7
Oswego	43 26	283 24	1841	75 08·1	
Rochester	43 08	282 09	1844	74 38·8	
Lockport	43 11	281 14	1844	74 44·2	
Buffaloe	42 53	281 06	1839	74 40·8	74 38·1
Buffaloe	42 53	281 06	1844	74 36·5	
Buffaloe	42 52	281 06	1845	74 37·0	
Niagara	43 05	280 51	1841	74 52·4	74 49·6
Niagara	43 05	280 51	1845	74 46·8	
Toronto Observatory	43 39	280 39	1841–45	75 15·5	
Toronto Observatory	43 39	280 39	1844	75 13·4	
Near Toronto	43 39	280 41	1844	75 12·3	
Hamilton	43 16	280 04	1842	74 56·7	74 55·4
Hamilton	43 16	280 04	1845	74 54·1	
Goderich	43 45	278 08	1845	75 04·8	
	Von 75° 30′ bis 76° 30′				
Bangor	44 48	291 13	1841	76 11·6	
Forks of the Kennebec	45 20	290 02	1844	76 23·7	
Locke's Mills	44 24	289 16	1845	75 50·7	
Bethel	44 27	289 09	1845	75 51·0	
Gorcham	44 27	288 47	1845	75 33·4	
Hall's Stream	45 01	288 30	1845	76 23·5	
Mount Washington	44 17	288 41	1845	75 45·0	
Near Mount Washington	44 16	288 31	1845	75 40·0	
Stanstead	45 02	287 50	1842	76 19·5	
L. Memphremagog, East shore	45 01	287 41	1845	76 08·6	
Cornwell	45 02	285 13	1845	76 16·4	
Brockville	44 35	284 15	1845	76 18·9	
Penetanguishene	44 49	279 59	1844	76 20·1	
South Manitou Island	45 05	274 22	1841	75 59·3	75 57·9
South Manitou Island	45 05	274 22	1842	75 56·6	
	Von 76° 30′ bis 77° 30′				
Grand Falls of the St. John	47 03	292 15	1843	77 29·5	
Aroostook Hill	46 47	292 13	1841	77 24·1	
Blue Hill	46 38	292 13	1841	77 18·1	
Park's Hill	46 07	292 13	1840	77 02·5	77 01·6
Park's Hill	46 07	292 13	1841	77 00·7	
N. E. Boundary Station, Nr. 1	45 57	292 13	1840	76 57·4	
Near the Grand Forks of the St. John	46 35	290 07	1844	77 25·9	
S. W. branch of the River St. John	46 25	289 56	1844	77 24·7	
Moose River	45 39	289 44	1844	76 48·5	
Taschereau's	45 49	289 36	1844	76 50·4	
Quebec	45 49	288 44	1842	77 15·3	77 12·0
Quebec	46 49	288 44	1845	77 08·8	
Three Rivers	46 19	287 24	1842	77 10·7	
St. John's	45 20	287 00	1842	77 00·1	
Sorel	46 02	287 00	1842	77 17·0	
Rouse's Point	45 00	286 37	1845	76 39·8	
St. Helen's	45 31	286 25	1842	77 13·1	77 09·2
St. Helen's	45 31	286 25	1843	77 05·3	
Montreal	45 30	286 24	1845	77 08·6	
Isle d'Urval	45 24	286 14	1843	77 21·1	
La Combes	45 32	285 51	1843	76 50·6	

Digitized by Google

Station	Breite	Länge	Jahr	Inclination	
	° ′	° ′		° ′	° ′
Pointe aux Chênes	45 37	285 05	1843	76 55·4	
Williamsburg	44 55	284 53	1843	76 30·1	
Fox's Point	45 32	281 26	1843	76 35·3	
Point Aylmer	45 29	284 12	1843	76 41·0	
Kingston	44 13	283 25	1842–43	77 18·7	77 16·5
Kingston	44 13	283 25	1845	77 14·4	
Grand Calumet	45 45	283 20	1843	76 44·4	
Fort Coulange	45 56	283 13	1843	77 29·7	
Point Baptême	46 06	282 34	1843	77 26·6	
Deux Joachim,s Portage	46 12	281 41	1843	77 03·8	
Trou Portage	46 15	281 27	1843	77 24·4	
Little River	46 18	281 17	1843	77 28·5	
Lac du Grand Vase	46 18	280 34	1843	77 21·7	
Lake Nipissing	46 13	280 01	1843	77 09·5	
Ricolet Falls	45 57	278 59	1843	76 45·4	
Pointe aux Croix	45 55	278 42	1843	76 31·3	
Lake Huron	46 00	278 10	1843	77 05·6	
Fort la Cloche	46 07	277 35	1844	76 50·2	
Snake Island	46 07	277 00	1843	77 05·5	
Tessalon Point	46 16	276 29	1843	76 59·3	
Fort Brady	46 30	275 36	1841	77 29·7	
Sault St. Mary	46 30	275 26	1843	77 30·3	77 24·9
Sault St. Mary	46 30	275 26	1845	77 19·5	
Mackinac	45 51	275 19	1841	76 34·5	
Mackinac	45 51	275 19	1841	76 37·5	76 37·3
Mackinac	45 51	275 19	1843	76 38·9	
Gross Cap	46 32	275 17	1841	77 05·3	
Point aux Pins	46 29	275 19	1843	77 13·4	77 14·7
Point aux Pins	46 29	275 19	1845	77 16·0	
Point au Crêpe	46 58	275 02	1843	77 11·5	
Encampment	46 44	272 17	1843	76 58·3	
Houghton's River	47 28	271 59	1843	77 20·7	
United States' Agency	47 28	271 59	1843	77 13·5	
Ontanogon River	46 52	270 29	1843	77 13·2	
Portage Ecarté	48 25	270 15	1843	77 13·5	
Lapointe	46 47	269 02	1843	76 56·0	
		Von 77° 30′ bis 78° 30′			
North bank of the St. John River	47 04	292 13	1843	77 31·1	
Peconk Hill	46 59	292 13	1841	77 32·2	
Mouth of the Grand River	47 11	292 03	1844	77 38·4	
Mouth of the Madawaska	47 22	291 41	1843	77 47·5	
Alberts Inn	47 17	291 32	1843	77 44·5	
Port Kent	47 15	291 25	1843	77 43·1	
St. Francis River	47 11	291 06	1843	77 43·5	
Head of Beau Lac	47 23	290 57	1843	77 47·0	
Mouth of the Passa-ooe-tuc	47 07	290 55	1844	77 40·5	
Outlet of Lake Pohenagamook	47 28	290 47	1843	77 49·2	
M. of the Chimpassaooetuc	46 57	290 33	1843	77 37·5	
Kingsey	45 48	287 41	1842	77 40·0	
Fort Michipicoton	47 56	274 56	1843	78 06·0	78 06·4
Fort Michipicoton	47 56	274 55	1844	78 08·2	
Fort Michipicoton	47 56	274 55	1845	78 05·0	
Gargantua	47 37	274 49	1844	77 56·1	
Lake Superior	48 46	272 20	1844	78 24·0	
Isthmus	47 28	272 00	1843	78 28·0	
Eagle River	47 27	271 37	1843	77 54·5	

Digitized by Google

Station	Breite	Länge	Jahr	Inclination	
	° ′	° ′		° ′	° ′
Isle Royale	48 06	271 13	1843	78 07·5	
Pointe Tonnerre	48 19	270 58	1843	78 23·2	
Fort William	48 24	270 37	1843	78 10·0	
Fort William	48 24	270 37	1844	77 59·5	78 06·8
Fort William	48 24	270 37	1845	78 11·0	
Chien Portage	48 39	270 26	1843	78 26·8	
Prairie Portage	48 58	269 59	1843	78 26·2	
Savannah Portage	48 53	269 52	1843	78 21·3	
French Portage	48 35	268 53	1843	78 20·4	
Deux Rivières Portage	48 35	268 33	1843	77 49·4	
Lac à la Crosse	48 24	267 50	1843	77 51·0	
Second Port. fromm Lac à la Crosse	48 15	267 33	1843	77 40·1	
Sturgeon Lake	48 27	267 19	1843	77 44·8	
Lac la Pluie	48 32	267 01	1843	77 47·9	
Fort Francis	48 37	266 31	1843	77 27·5	
Fort Francis	48 37	266 31	1844	77 45·0	77 34·2
Fort Francis	48 37	266 31	1845	77 32·0	
Rainy River	48 48	265 29	1843	77 57·4	
Rat Portage	49 46	265 21	1843	78 07·5	
Lake of the Woods	49 28	265 20	1843	78 16·7	
Lake of the Woods	49 19	265 18	1843	78 03·7	
Upper Fort Garry	49 53	262 58	1843	78 17·8	
Saskatchawan River	52 23	252 56	1844	78 16·6	
Saskatchawan River	53 07	251 30	1844	78 28·1	
Saskatchawan River	54 05	248 16	1844	78 05·2	
Fort Edmonton	53 31	247 03	1844	77 54·2	
Pembina River	54 08	246 06	1844	77 54·5	
Fort Assiniboine	54 20	245 32	1844	78 15·2	
Point Dejala	55 26	244 59	1844	78 29·9	
	Von 78° 30′ bis 79° 30′				
White River	48 33	273 33	1844	78 33·1	
Fort Pic	48 38	273 21	1843	78 45·8	
Fort Pic	48 38	273 21	1844	78 31·5	78 37·1
Fort Pic	48 38	273 21	1845	78 34·0	
Terreplatte	48 40	272 15	1843	78 53·6	
Magnetic Inlet	47 28	271 59	1843	78 44·3	
500 feet East of Ditto	47 28	271 59	1843	78 37·5	
Slave Portage	50 11	264 23	1843	78 57·1	
Fort Alexander	50 37	263 39	1843	78 51·8	78 57·4
Fort Alexander	50 37	263 39	1844	79 03·0	
Lake Winnipeg	50 27	263 22	1843	79 05·2	
Lake Winnipeg	51 34	263 20	1844	79 06·1	
Mouth of Red River	50 19	263 15	1843	78 32·6	
Lake Winnipeg	51 04	263 15	1843	79 11·8	
Lake Winnipeg	51 45	263 07	1843	79 28·3	
Saskatchawan River	53 16	255 12	1844	79 11·2	
Carlton House	52 51	253 47	1844	78 30·7	
Fort Pitt	53 34	250 41	1844	78 41·0	
Saskatchawan River	53 50	249 30	1844	78 33·5	
Forks of Athabasca River	55 13	246 10	1844	78 55·2	
Athabasca River	54 43	246 00	1844	78 34·1	
Lesser Slave Lake	55 33	244 07	1844	78 39·0	
Peace River	57 19	243 32	1844	79 27·0	
Opposite River Cadotte	56 47	242 58	1844	79 20·7	
Fort Dunvegan	55 56	241 26	1844	78 46·2	

Digitized by Google

Station	Breite	Länge	Jahr	Inclination	
			Von 79° 30′ bis 80° 30′		
	° ′	° ′		° ′	° ′
Otter Island	48 06	273 43	1843	79 43·6	
Lake Winnipeg	51 04	263 39	1844	79 31·5	
Lake Winnipeg	51 44	263 12	1844	79 39·0	
Lake Winnipeg	51 38	263 11	1843	79 38·0	
Lake Winnipeg	52 21	262 51	1844	80 24·4	
Lake Winnipeg	52 29	262 47	1843	80 05·4	
Lake Winnipeg	53 31	260 48	1843	80 16·8	
Grand Rapid	53 08	260 32	1843	80 21·5	80 26·5
Grand Rapid	53 08	260 32	1844	80 31·6	
Cross Lake	53 10	260 28	1843	80 28·2	
Cedar Lake	53 12	259 30	1843	80 07·1	
Devil's Drum Island	53 19	259 20	1844	80 00·0	
Above the Pas	53 48	258 32	1844	80 24·4	
Cumberland House	53 57	257 41	1843	80 30·2	80 24·9
Cumberland House	53 57	257 41	1844	80 19·7	
Little Rock Portage	55 34	255 27	1843	80 16·5	
Portage Sonnante	55 54	252 13	1843	80 11·2	
Isle à la Crosse	55 27	252 06	1843	80 09·8	
Buffaloe Lake	56 05	251 09	1843	80 37·0	
River de la Loche	56 15	250 37	1843	80 19.7	
Peace River	57 57	243 00	1844	80 00·7	
			Von 80° 30′ bis 81° 30′		
Lake Winnipeg	52 23	263 07	1843	80 39·2	
Hairy Lake	54 21	262 49	1843	81 20·9	
Old Norway House	53 42	261 59	1843	80 45·4	
Norway House	53 59	261 53	1843	81 08·9	81 10·0
Norway House	53 59	261 53	1844	81 11·2	
Beaver Lake	54 32	257 50	1843	80 34·2	
Carp Portage	54 47	257 21	1843	80 39·6	
Portage des Epinettes	55 06	257 18	1843	80 52·6	
Frog Portage	55 28	256 30	1843	80 59·3	
Great Devil's Portage	55 40	255 11	1843	80 30·9	
Pine Portage	55 43	254 10	1843	80 40·3	
Snake Rapid	55 46	253 30	1843	80 38·7	
Portage de la Loche, South end	56 34	250 16	1843	80 36·4	
Portage de la Loche, North end	56 43	250 08	1843	80 38·0	
Clearwater River	56 39	249 11	1843	80 36·2	
Pierre au Calumet	57 24	248 25	1843	81 16·8	
Poplar Island	58 38	246 03	1844	81 04·8	
Falls of Peace River	58 24	245 06	1844	80 50·3	
Fort Vermilion	58 25	243 45	1844	80 48·0	
			Von 81° 30′ bis 82° 30′		
Long Portage	55 15	265 35	1843	82 13·9	
Windy Lake	54 37	263 58	1843	81 57·0	
Whitefall Portage	54 24	263 34	1843	81 47·9	
Athabasca	58 43	248 42	1843	81 37·0	
Pointe Brulée	58 07	248 35	1843	81 30·6	
Pelican Portage	59 58	248 09	1844	82 26·8	
Point Providence	58 58	247 50	1844	81 46·1	
Peace River	58 58	247 01	1844	81 36·9	
Big Island	61 12	243 22	1844	82 08·7	
Fort Simpson	61 51	238 35	1844	81 52·3	

Digitized by Google

Station	Breite	Länge	Jahr	Inclination
				Von 82° 30′ bis 83° 30′
White Earth Portage	55° 32′	266° 10′	1843	83° 02·9′
Hill River	55 25	266 00	1843	82 55·0
Oxford House	54 56	264 30	1843	82 38·8
Portage Grand Detour	60 22	247 00	1844	82 33·6
Fort Resolution	61 10	246 15	1844	82 44·5
Fort Norman	64 31	235 16	1844	82 34·3
Fort Good Hope	66 16	231 30	1844	82 56·0
				Von 83° 30′ bis 84° 30′
York Factory	57 00	267 34	1843	83 47·2
Shamatawa	56 21	267 04	1843	83 36·2

Tafel XI.

Declinationen, beobachtet auf dem Schiffe Pagoda.

Datum	Breite	Länge	Declinat.	Datum	Breite	Länge	Declinat.
1845.	° ′	° ′	° ′		° ′	° ′	° ′
Januar 10.	−34 42	17 36	+29 51	Februar 18.	−64 22	40 49	+36 32
11.	−35 26	15 08	+28 39	19.	−63 57	41 37	+37 34
12.	−35 17	14 00	+27 15	20.	−63 22	45 31	+39 39
13.	−35 10	13 25	+25 40	21.	−63 37	47 01	+40 03
15.	−38 43	14 25	+25 09	22.	−63 43	49 29	+39 21
16.	−39 18	14 28	+28 20	25.	−61 33	53 40	+40 30
17.	−40 15	14 35	+27 40	26.	−61 18	57 41	+41 57
19.	−44 45	13 19	+26 34	27.	−61 04	63 45	+45 17
20.	−46 24	13 34	+25 54	28.	−61 43	69 36	+45 51
22.	−48 27	10 51	+24 50	März 1.	−62 10	72 25	+46 01
23.	−50 45	10 18	+23 55	2.	−62 46	76 30	+50 35
24.	−51 47	9 34	+23 37	4.	−63 05	80 20	+52 17
25.	−52 56	7 53	+23 46	5.	−61 41	85 20	+47 19
26.	−53 52	6 12	+21 34	6.	−60 50	87 41	+47 47
27.	−55 29	5 54	+21 23	7.	−61 23	91 26	+49 28
29.	−59 02	4 09	+17 30	8.	−61 16	91 43	+49 02
31.	−61 12	9 30	+20 29	9.	−60 46	92 20	+48 01
Februar 1.	−62 08	12 45	+22 07	10.	−60 08	95 15	+44 53
2.	−61 54	16 40	+23 11	11.	−59 22	100 31	+41 02
3.	−61 49	19 13	+26 16	12.	−58 31	98 59	+39 50
4.	−62 05	20 58	+28 05	13.	−58 30	98 32	+40 37
5.	−63 18	21 10	+28 56	14.	−56 53	101 15	+37 37
6.	−64 25	25 05	+30 24	15.	−55 42	103 15	+32 54
7.	−65 43	28 33	+31 37	16.	−54 45	106 17	+29 24
9.	−66 26	37 25	+35 39	17.	−54 05	108 15	+26 34
10.	−66 55	38 32	+37 43	18.	−53 12	110 24	+21 52
11.	−67 34	39 41	+38 13	20.	−49 05	112 47	+17 09
12.	−66 41	39 22	+37 18	23.	−46 32	115 54	+12 02
13.	−67 06	40 03	+36 59	24.	−44 59	116 53	+ 9 43
14.	−67 01	40 30	+37 12	25.	−43 41	116 57	+ 7 04
16.	−64 52	38 37	+36 38	26.	−41 02	116 42	+ 4 10
17.	−64 52	40 12	+36 54	27.	−38 40	116 17	+ 6 56
				28.	−36 51	116 36	+ 4 31

Digitized by Google

Datum	Breite	Länge	Declinat.	Datum	Breite	Länge	Declinat.
	° ′	° ′	° ′		° ′	° ′	° ′
März 29.	−36 10	116 43	+ 4 52	Mai 18.	−20 58	68 12	+ 8 00
30.	−35 12	117 41	+ 6 20	19.	−21 11	67 54	+ 6 34
31.	−35 28	117 04	+ 6 55	20.	−21 12	67 29	+ 7 37
April 11. 14.	−35 02	117 56	+ 5 33	21.	−21 01	66 24	+ 7 46
21.	−35 10	118 06	+ 5 57	22.	−20 39	63 01	+ 8 27
22.	−35 42	115 40	+ 5 59	23.	−20 30	59 42	+ 9 44
23.	−35 33	114 42	+ 5 41	24.	−19 54	57 55	+ 9 27
24.	−34 18	113 12	+ 6 37	27.	−20 09	57 31	+ 9 44
25.	−32 42	111 43	+ 6 36	29.	−20 50	55 32	+11 15
26.	−30 25	109 07	+ 7 20	30.	−21 54	53 00	+13 44
27.	−29 20	106 55	+ 6 30	31.	−23 44	51 48	+14 22
28.	−27 41	106 35	+ 6 33	Juni 1.	−25 47	49 40	+15 09
29.	−26 10	105 16	+ 5 30	2.	−26 30	49 20	+16 23
30.	−24 07	102 28	+ 5 32	4.	−27 12	46 02	+20 25
Mai 1.	−23 58	99 21	+ 5 14	5.	−28 19	43 07	+21 19
2.	−24 01	97 34	+ 7 08	6.	−28 49	42 07	+21 57
3.	−23 56	95 46	+ 6 10	7.	−28 36	40 14	+22 34
4.	−24 17	94 06	+ 5 31	8.	−28 57	37 49	+23 37
5.	−24 05	92 11	+ 6 34	9.	−30 18	35 55	+26 29
6.	−22 46	90 40	+ 5 56	11.	−30 30	33 42	+27 28
7.	−21 53	89 42	+ 4 23	12.	−30 35	33 13	+25 09
8.	−20 46	88 06	+ 4 45	13.	−31 09	31 31	+26 46
9.	−20 37	85 32	+ 5 20	14.	−32 54	29 49	+28 44
10.	−20 25	82 32	+ 5 08	15.	−34 44	26 50	+28 41
11.	−20 36	79 20	+ 4 43	16.	−35 39	23 35	+29 26
12.	−20 44	78 34	+ 5 29	17.	−35 40	21 37	+29 16
13.	−20 39	77 45	+ 5 22	18.	−35 06	20 46	+27 56
14.	−20 28	76 23	+ 6 01	19.	−35 08	20 24	+28 47
15.	−20 45	73 20	+ 5 54	20.	−34 55	19 33	+28 57
16.	−20 27	70 49	+ 6 35	23.	−34 12	18 27	+29 15
17.	−20 34	69 37	+ 6 07				

Tafel XII.

Inclinationen, beobachtet auf dem Schiffe Pagoda.

Datum	Breite	Länge	Inclinat.	Datum	Breite	Länge	Inclinat.
	° ′	° ′	° ′		° ′	° ′	° ′
1844.				Januar 18.	−42 50	13 00	−55 34
November 10.	−33 56	18 29	−53 31	19.	−44 50	13 19	−56 14
21.	−33 56	18 29		21.	−49 01	11 28	−56 02
December 19.	−34 12	18 26		22.	−48 35	10 51	−56 44
1845.			−53 50	23.	−50 39	10 22	−57 11
Januar 7.	−34 12	18 26		24.	−51 49	9 33	−57 39
9.	−34 14	18 32	−53 39	25.	−53 07	7 43	−57 14
10.	−34 45	17 48	−53 15	26.	−53 57	6 05	−57 00
11.	−35 29	15 09	−51 27	27.	−55 13	5 53	−57 49
12.	−35 17	14 00	−51 16	30.	−60 43	4 00	−59 58
13.	−35 18	13 26	−51 27	31.	−61 10	9 05	−61 30
14.	−37 25	13 24	−51 44	Februar 1.	−62 06	12 52	−63 17
15.	−38 40	14 27	−53 05	2.	−61 55	16 30	−63 28
16.	−39 10	14 40	−54 13	3.	−61 50	19 14	−64 20
17.	−40 31	14 23	−55 05	4.	−62 30	20 33	−64 40

Digitized by Google

Datum		Breite	Länge	Inclinat.
		° ′	° ′	° ′
Februar	5.	—63 19	21 48	—65 35
	6.	—64 23	24 12	—66 39
	7.	—65 37	28 39	—67 28
	8.	—66 27	30 45	—68 31
	9.	—66 33	36 48	—68 49
	10.	—66 57	38 50	—69 22
	11.	—67 37	40 00	—69 38
	12.	—67 02	39 53	—70 16
	13.	—66 58	40 12	—69 35
	14.	—66 24	40 01	—69 15
	16.	—64 52	38 37	—68 47
	17.	—64 48	40 12	—68 31
	18.	—64 22	40 49	—68 40
	19.	—63 56	41 35	—69 49
	20.	—63 20	45 44	—70 09
	21.	—63 36	46 46	—70 08
	24.	- 62 36	51 40	—69 13
	25.	—61 30	53 44	—70 48
	26.	—61 19	57 34	—71 44
	27.	—61 05	64 12	—72 53
	28.	—61 43	71 08	—73 50
März	1.	—62 10	72 25	—74 34
	2.	—62 44	76 12	—74 58
	3.	—64 20	79 38	—76 16
	5.	—61 40	84 54	—76 43
	6.	—60 45	88 23	—77 04
	7.	—61 22	91 14	—77 38
	8.	—61 10	92 07	—77 57
	9.	—60 33	92 30	—77 32
	10.	—60 03	95 50	—77 37
	11.	—59 52	99 40	—79 31
	13.	—57 40	99 23	—78 10
	14.	—56 55	101 30	—78 26
	15.	—55 46	103 12	—78 33
	16.	—54 43	106 10	—78 41
	17.	—54 14	108 10	—79 04
	18.	—53 00	110 22	—77 34
	19.	—51 10	111 26	—77 09
	20.	—48 59	112 22	—76 17
	22.	—47 21	115 15	—75 32
	24.	—45 08	116 50	—73 27
	25.	—43 21	116 50	—72 28
	26.	—41 09	116 26	—70 43
	27.	—38 46	116 15	—68 27
	28.	—37 02	116 57	—66 38
	29.	—36 12	116 49	—65 44
	30.	—35 13	117 18	—65 36
April	7.	—35 02	117 56	—65 04
	11.	—35 02	117 56	

Datum		Breite	Länge	Inclinat.
		° ′	° ′	° ′
April	12.	—35 05	117 56	—65 14
	20.	—35 06	117 55	—65 59
	23.	—35 33	114 40	—65 11
	24.	—34 16	113 01	—64 44
	25.	—32 28	111 31	- 62 18
	27.	—29 18	106 52	—59 25
	28.	—27 41	106 34	—57 22
	29.	—25 53	105 03	—55 07
Mai	1.	—23 59	99 15	—54 07
	2.	—24 01	97 28	—54 11
	3	—23 55	96 01	—54 21
	4.	—24 17	93 50	—54 07
	5.	—24 02	92 07	—52 44
	6.	—22 47	91 00	—52 49
	7.	—21 47	89 41	—52 01
	8.	—20 42	87 55	—51 15
	9.	—20 38	85 14	—51 18
	10.	—20 26	82 11	—51 22
	11.	—20 36	79 16	—51 48
	12.	—20 44	78 31	—52 02
	13.	—20 39	77 43	—51 59
	14.	—20 29	76 22	—52 20
	16.	—20 27	70 41	—52 35
	17.	—20 34	69 24	—53 01
	18.	—21 07	68 08	—53 06
	19.	—21 11	67 54	—53 24
	20.	—21 12	67 29	—53 49
	21.	—21 02	66 26	—53 56
	22.	—20 40	62 58	—53 53
	23.	—20 31	59 42	—54 09
	27.	—20 09	57 31	—53 56
	30.	—21 47	53 30	—54 45
Juni	2.	—26 25	49 12	—58 36
	3.	—26 26	48 20	—58 46
	4.	—27 13	46 00	—58 38
	5.	—28 13	42 50	—58 31
	6.	—28 44	42 01	—59 01
	7.	—28 35	40 24	—58 54
	8.	—28 57	37 49	—59 11
	11.	—30 27	33 41	—56 37
	12.	—30 33	33 19	—57 19
	13.	—31 06	31 30	—57 26
	14.	—33 01	29 36	—57 34
	15.	—34 31	27 04	—57 06
	16.	—35 46	23 35	—56 08
	17.	—35 38	21 40	—55 25
	18.	—35 07	20 46	—55 08
	23.	—34 12	18 26	—53 37

Digitized by Google

Tafel XIII.

Intensitäten, bestimmt auf dem Schiffe Pagoda.

Datum	Breite	Länge	Intensität
	° ′	° ′	
1844.			
Decbr. 1.	—33 56	18 29	0·999
21.	—34 12	18 26	1·005
1845.			
Januar 10.	—34 45	17 48	0·983
11.	—35 29	15 09	0·968
12.	—35 17	14 00	0·923
13.	—35 18	13 26	0·942
14.	—37 25	13 24	0·965
15.	—38 40	14 27	0·993
16.	—39 10	14 40	0·977
17.	—40 31	14 23	0.989
18.	—42 50	13 00	0·997
19.	—44 50	13 19	1·007
21.	—49 01	11 28	1·051
22.	—48 35	10 51	1·060
23.	—50 39	10 22	1·094
24.	—51 49	9 33	1·115
25.	—53 07	7 43	1·128
26.	—53 57	6 05	1·142
27.	—55 13	5 53	1·152
30.	—60 43	4 00	1·240
31.	—61 10	9 05	1·287
Februar 1.	—62 06	12 52	1·349
2.	—61 55	16 30	1·326
3.	—61 50	19 14	1·334
4.	—62 30	20 33	1·350
5.	—63 19	21 48	1·362
6.	—64 23	24 12	1·400
7.	—65 37	28 39	1·432
8.	—66 27	30 45	1·448
9.	—66 33	36 48	1·476
10.	—66 57	38 50	1·487
11.	—67 37	40 00	1·508
12.	—67 02	39 53	1·495
13.	—66 58	40 12	1·495
14.	—66 24	40 01	1·494
16.	—64 54	38 37	1·460
17.	—64 48	40 12	1·473
18.	—64 22	40 49	1·460
19.	—63 56	41 35	1·434
20.	—63 20	45 44	1·450
21.	—63 36	46 46	1·464
24.	—62 36	51 40	1·466
25.	—61 30	53 44	1·487
26.	—61 19	57 34	1·521
27.	—61 05	64 12	1·557
28.	—61 43	71 08	1·605
März 1.	—62 10	72 25	1·650
2.	—62 44	76 12	1·655
3.	—64 20	79 38	1·692
5.	—61 40	84 54	1·710
März 6.	—60 45	88 23	1·738
7.	—61 22	91 14	1·754
8.	—61 10	92 07	1·760
9.	—60 33	92 30	1·748
10.	—60 03	95 50	1·784
11.	—59 52	99 40	1·804
13.	—57 40	99 23	1·813
14.	—56 55	101 30	1·794
15.	—55 46	103 12	1·816
16.	—54 43	106 10	1·809
17.	—54 14	108 10	1·819
18.	—53 00	110 22	1·820
19.	—51 10	111 26	1·787
20.	—48 59	112 22	1·810
22.	—47 21	115 15	1·834
24.	—45 08	116 50	1·820
25.	—43 21	116 50	1.782
26.	—41 09	116 26	1·752
27.	—38 46	116 15	1·730
28.	—37 02	116 57	1·686
29.	—36 12	116 49	1·672
30.	—35 13	117 18	1·698
April 7.	—35 02	117 56	
11.	—35 02	117 56	1·688
12.	—35 05	117 56	
23.	—35 33	114 40	1·680
24.	—34 16	113 01	1·641
25.	—32 28	111 31	1·593
27.	—29 18	106 52	1·526
28.	—27 41	106 34	1·484
29.	—25 53	105 03	1·459
Mai 1.	—23 59	99 15	1·374
2.	—24 01	97 28	1·380
3.	—23 55	96 01	1·371
4.	—24 17	93 50	1·352
5.	—24 02	92 07	1·367
6.	—22 47	91 00	1·324
7.	—21 47	89 41	1·320
8.	—20 42	87 55	1·296
9.	—20 38	85 14	1·264
10.	—20 26	82 11	1·253
11.	—20 36	79 16	1·230
12.	—20 44	78 31	1·236
13.	—20 39	77 43	1·235
14.	—20 29	76 22	1·222
16.	—20 27	70 41	1·202
17.	—20 34	69 24	1·210
18.	—21 07	68 08	1·191
19.	—21 11	67 54	1·205
20.	—21 12	67 29	1·196
21.	—21 02	66 26	1·180
22.	—20 40	62 58	1·173

Digitized by Google

Datum		Breite	Länge	Intensität	Datum		Breite	Länge	Intensität
		° ′	° ′				° ′	° ′	
Mai	28.	—20 31	59 42	1·171	Juni	11.	—30 27	33 41	1·105
	27.	—20 09	57 31	1·156		12.	—30 33	33 19	1·085
	30.	—21 47	53 30	1·170		13.	—31 06	31 30	1·062
Juni	2.	—26 25	49 12	1·160		14.	—33 01	29 36	1·046
	3.	—26 26	48 20	1·164		15.	—34 31	27 04	1·059
	4.	—27 13	46 00	1·144		16.	—35 46	23 35	1·033
	5.	—28 13	42 50	1·125		17.	—35 38	21 40	1·029
	6.	—28 44	42 01	1·117		18.	—35 07	20 46	1·013
	7.	—29 35	40 24	1·128		23.	—34 12	18 26	1·007
	8.	—28 57	37 49	1·103					

(Fortsetzung folgt in einem der nächsten Hefte.)

Digitized by Google

Das Prüfen und Wählen der Photographen-Objective.

Von

Dr. Adolph Steinheil.

(Hiezu Tafel XVIII.)

Es ist der Zweck nachstehender Zeilen, eine Zusammenstellung von Thatsachen zu geben, die durch optische Gesetze begründet sind, und den Zusammenhang dieser Thatsachen in solcher Weise anzuordnen, dass sie zur Prüfung und zur Wahl der Apparate dienen können.

Um einem möglichst grossen Leserkreise verständlich zu sein, vermied ich ängstlich jeden mathematischen Ausdruck und selbstverständlich jede Formel.

Die Eigenschaften der Apparate sollen in der Art behandelt werden, dass im ersten Theile dieses Aufsatzes diejenigen Eigenschaften betrachtet werden, welche einem Apparate oder einer Construction eigenthümlich sind und welche bei Prüfung von Apparaten bestimmt werden müssen; deshalb sollen zugleich bequeme Methoden angegeben werden, in welcher Weise diese Prüfungen vorgenommen werden können. Dagegen soll der zweite Theil jene Eigenschaften behandeln, welche nothwendige Folgen der im ersten Theile behandelten sind und die durch keine Erfindung von neuen Constructionen geändert werden können; jene Eigenschaften, die man kennen muss, um zu entscheiden, was erreichbar und was nicht erreichbar ist.

Als Mire zur Prüfung schlage ich eine ebene Figur vor, wie Tafel XVIII Fig. 4 sie darstellt, aber nach der Plattengrösse beliebig weiter ausgedehnt. Sie besteht aus einem rechtwinkligen Kreuz von zwei feinen Linien, auf dessen Arme, vom Mittelpunkte aus in gleichen Abständen, feine kurze Querlinien gezogen sind, die in einer Richtung mit Zahlen versehen werden.

1) Bestimmung der Brennweite.

Man stelle auf eine Mire, wie Tafel XVIII, Fig. 4 in der Weise ein, dass das Bild mit dem Original gleiche Grösse erhält; indem man

Digitized by Google

z. B. den Abstand 0 bis 6 in den Cirkel nimmt und diejenige Entfernung der Mire sucht, bei welcher das Bild auf der matten Glasplatte, wenn deutlich eingestellt, diese Grösse erhält.

Dieser Abstand ist leicht durch Probiren zu finden, wenn man die Regel beachtet, dass, so lange das Bild kleiner erscheint als die Mire, diese dem Objective näher gebracht werden muss, und umgekehrt; — zugleich ist darauf zu achten, dass die vier Arme des Kreuzes mit ihren Querlinien in gleichen Abständen vom Mittelpuncte desselben gleiche Deutlichkeit haben müssen; es muss die Mitte der Mire in die Mitte der Platte treffen, die Mire senkrecht, die Camera horizontal stehen; dann wird die Deutlichkeit symmetrisch gegen die Mitte und es ist damit die richtige Aufstellung controlirt.

Sind diese beiden Bedingungen erfüllt, so messe man den Abstand vom Objecte bis zur matten Glasplatte.

$^1/_4$ desselben ist die Brennweite.

Die Genauigkeit dieser Methode genügt für die in der Praxis vorkommenden Fälle vollständig.[1])

2) Probe über richtiges Zeichnen der Objective.

Man stelle bei derselben Anordnung, wie zur Bestimmung der Brennweite, so ein, dass die Mitte der Mire (Punct 0) und der entfernteste Punct, dessen Zahl ohne Rest durch drei theilbar ist (im gegebenen Falle 6), auf der matten Tafel möglichst gleichzeitig deutlich erscheinen, und mache den Abstand dieser zwei Puncte demjenigen auf der Mire gleich. Nun nehme man an der Mire $^2/_3$ dieser Grösse (im gegebenen Falle den Abstand 0 bis 4) in den Zirkel und vergleiche ihn mit dem gleichen Abstande auf der matten Tafel. Sind diese Grössen genau gleich, so ist das Objectiv ohne Verzerrung; ist der Abstand 0 bis 4 auf der matten Tafel grösser, so verzeichnet der Apparat in dem Sinne, dass die vier Linien eines Quadrates hohl gegen innen werden; ist dagegen der Abstand 0 bis 4 auf der matten Tafel kleiner als auf der Mire (stets vorausgesetzt, dass 0 bis 6 auf Tafel und Mire gleich sind), so erscheinen die 4 Linien eines Quadrates hohl gegen aussen.

---

1) Es sind öfters in diesem Aufsatze gegen die strengen mathematischen Vorschriften Vernachlässigungen gemacht, wenn die dadurch begangenen Fehler ohne practische Bedeutung (wegen ihrer Kleinheit) sind, dagegen wesentliche Vereinfachung erzielt worden.

Digitized by Google

Der Unterschied der Grösse 0 bis 4 auf der Mire, gegen die gleiche Grösse auf der matten Platte, ist das Maass für die stärkste Verzeichnung, die auf einem Bilde von der Grösse der benutzten Mire vorkommen kann, vorausgesetzt, dass die Camera richtig aufgestellt ist, d. h. dass sie horizontal steht, was immer der Fall sein muss, wenn richtige Zeichnung verlangt wird.

Sollen bei irgend einer Anwendung des Apparates höher oder tiefer gelegene Puncte noch in's Bild kommen, als es bei horizontaler Stellung der Camera geschieht, so muss man, statt die Camera zu neigen, das Objectiv in der Höhe verstellen, wodurch der Horizont nach Bedürfniss über oder unter die Mitte der Platte gelegt wird. Sobald man die Camera neigt, erhält man unrichtige Projectionen und zwar um so stärker, je grösser der Durchmesser des Bildes im Verhältniss zur Brennweite ist. Für Bilder von sehr grossem Gesichtsfelde ist noch zu bemerken, dass, um den natürlichen Eindruck der Projectionen zu erhalten, sie aus einem Abstande betrachtet werden müssen, der der Brennweite des Objectives gleich kömmt, mit welchem sie aufgenommen sind.

3) Bestimmung der Form der Bildfläche.

Bei derselben Anordnung, wie sie zur Bestimmung der Brennweite benutzt wurde, stelle man erst den Punct 0 deutlich ein und bemerke die Stellung des matten Glases. Dann wähle man einen nahe am Rande des Bildes gelegenen Punct (in unserem Falle 6) und stelle denselben ebenfalls möglichst deutlich ein.

Ist es hiezu nöthig, weiter hinein zu stellen, so liegt das Bild auf einer erhabenen Kugel (vom Einstellenden aus betrachtet); muss dagegen das matte Glas weiter heraus gestellt werden, so ist das Bild hohl.

Hiezu die Bemerkung, dass bei Apparaten, die aus zwei Linsen oder zwei Objectiven bestehen, zwischen denen die Blendung steht, durch den Abstand dieser beiden Theile die Form der Bildfläche geändert werden kann.

Ist ein Bild erhaben, so müssen die beiden Theile von einander entfernt werden, um es eben zu machen; jedoch nimmt hiebei die Deutlichkeit gegen den Rand und die Grösse des Gesichtsfeldes ab, besonders erstere oft sehr bedeutend; ist dagegen das Bild hohl, so wird durch Näherbringen der beiden Theile das Bild ebener und deutlicher und der Gesichtsfeldwinkel grösser.

Digitized by Google

4) Prüfung auf Deutlichkeit und chemischen Focus.

(Aufstellung noch wie bei der Brennweitenbestimmung.)

Es wird zwar beim Einstellen des Bildes jeder Photograph gleich sehen, ob dasselbe in Deutlichkeit seinen Zwecken entspricht; nichts desto weniger dürfte eine Probe erwünscht sein, die es ermöglicht, bei verschiedenen Apparaten die erreichbare Deutlichkeit durch Zahlen auszudrücken. Zu diesem Zwecke möchte ich vorschlagen, die Jäger'schen Schriftproben[1]) zu verwenden. Wenn man zwischen die Arme der Mire Streifen mit den Jäger'schen Schriftproben Nr. 1, 2, 3 und 4 klebt, so lässt sich bestimmen, bis wie weit von der Mitte jede gelesen werden kann, und es lassen sich verschiedene Apparate in Bezug auf Deutlichkeit direct vergleichen, wenn man Blendungen[2]) anwendet, die gleiche Helligkeit geben, und wenn die Ausdehnung des deutlichen Bildes den Brennweiten proportional genommen wird. Ist die Schriftprobe Nr. 1 zu lesen, so darf die Deutlichkeit als für alle Fälle genügend betrachtet werden, in welchen das Bild mit unbewaffnetem Auge betrachtet wird.

Zur Probe auf chemischen Focus neige man die Mire durch Drehen um die Horizontallinie, welche durch den Punct 0 geht, so dass man den unteren Rand der Mire dem Objective näher bringt, bis die Neigung etwa 45° beträgt. — Um nicht von der Arbeit der Camera abhängig zu sein, thue man zur Einstellung das matte Glas in die Cassette und stelle auf die Horizontallinie (mit Punct 0) möglichst scharf ein und benütze dazu die nächsten Querlinien auf dem verticalen Striche, welche über und unter dem Puncte 0 gleich undeutlich werden müssen; jetzt wechsle man das Einstellglas gegen die präparirte Platte und photographire. Ist wieder der Punct 0 am deutlichsten, so ist kein chemischer Focus vorhanden; ausserdem rückt die Deutlichkeit auf der Verticallinie auf- oder abwärts. Ist der chemische Focus im Sinne wie bei einer einfachen Linse, so kommt bei der hier angenommenen Anordnung ein unter 0 liegender Punct der Mire deutlicher als 0 selbst und die darüber liegenden; in diesem Falle ist der chemische Focus zu wenig corrigirt. Wird ein Punct über 0 deutlicher, so ist der chemische Focus übercorrigirt.

---

1) Schriftscalen des Prof. Eduard Jäger, Wien, 1865; aus der k. k. Hof- und Staatsdruckerei. In Commission bei L. W. Seidel & Sohn.

2) Siehe den Absatz 6: Bestimmung der Helligkeit der Apparate.

Digitized by Google

5) Bestimmung der Grösse des Gesichtsfeldes.

Zu dieser Bestimmung stelle man mit dem Apparate auf sehr entfernte Objecte ein (ein Abstand von 100 Brennweiten kann schon als sehr entfernt betrachtet werden), und messe, indem man nacheinander die verschiedenen Blendungen einsetzt, den Durchmesser des Bildes, der mit jedem derselben noch deutlich erscheint. Diese Zahlen, welche den Durchmesser des deutlichen Bildes ausdrücken, dividire man durch die, wie oben angegeben, bestimmte Brennweite; mit der hiedurch erhaltenen Zahl entnehme man aus beiliegender Tabelle 1 den Gesichtsfeldwinkel.

Tabelle 1.

Rubr. I.	Rubr. II.	Rubr. I.	Rubr. II.	Rubr. I.	Rubr. II.
Bilddurchm. durch Brennweite	Gesichtsfeldwinkel Grade	Bilddurchm. durch Brennweite	Gesichtsfeldwinkel Grade	Bilddurchm. durch Brennweite	Gesichtsfeldwinkel Grade
0,018	1	0,631	35	1,37	69
0,035	2	0,650	36	1,40	70
0,053	3	0,670	37	1,43	71
0,070	4	0,689	38	1,45	72
0,088	5	0,709	39	1,48	73
0,105	6	0,728	40	1,51	74
0,123	7	0,748	41	1,53	75
0,140	8	0,768	42	1,56	76
0,158	9	0,788	43	1,59	77
0,175	10	0,808	44	1,62	78
0,193	11	0,828	45	1,65	79
0,210	12	0,849	46	1,68	80
0,228	13	0,870	47	1,71	81
0,245	14	0,891	48	1,74	82
0,263	15	0,912	49	1,77	83
0,281	16	0,933	50	1,80	84
0,299	17	0,955	51	1,83	85
0,317	18	0,976	52	1,87	86
0,335	19	0,998	53	1,90	87
0,353	20	1,02	54	1,93	88
0,371	21	1,04	55	1,97	89
0,389	22	1,06	56	2,00	90
0,407	23	1,08	57	2,04	91
0,425	24	1,11	58	2,07	92
0,443	25	1,13	59	2,11	93
0,462	26	1,16	60	2,15	94
0,480	27	1,18	61	2,18	95
0,499	28	1,20	62	2,22	96
0,517	29	1,23	63	2,26	97
0,536	30	1,25	64	2,30	98
0,555	31	1,27	65	2,34	99
0,574	32	1,30	66	2,38	100
0,593	33	1,32	67	2,43	101
0,612	34	1,35	68	2,47	102

Digitized by Google

Es ergibt z. B. ein Apparat von 20 Centimeter Brennweite mit der grössten Blende ein deutliches Bild von 12 Centimeter Durchmesser. 12 dividirt durch 20 gibt 0,60; geht man nun in beiliegender Tabelle in Rubrik I (Bilddurchmesser durch Brennweite) bis zur Zahl 0,60 (oder zur nächsten Zahl 0,593), so findet man auf derselben Horizontallinie in Rubrik II (Gesichtsfeldwinkel) 33°.

Die Tafel ist auch bequem zu brauchen, wenn man von einem Apparate die Brennweite und den Gesichtsfeldwinkel kennt, um die Bildgrösse zu finden, die er gibt. Zu diesem Zweck suche man in Rubrik II den gegebenen Gesichtsfeldwinkel und lese auf der gleichen Horizontallinie die Zahl in Rubrik I ab; diese abgelesene Zahl mit der Brennweite multiplicirt gibt die Bildgrösse.

Z. B. es gibt ein Apparat mit seiner kleinsten Blende 65° deutlich; dabei sei seine Brennweite 14 Centimeter. Geht man in Rubrik II bis 65°, so findet sich auf derselben Horizontallinie in Rubrik I die Zahl 1,27; es wird somit die Bildgrösse gleich $1{,}27 \times 14 = 17{,}8$ Centimeter.

6) Bestimmung der Helligkeit der Apparate.

Damit ein photographisches Objectiv ein Bild von grösserer Ausdehnung mit gleicher Helligkeit geben kann, müssen die Gläser grösser sein als die Blendung (Diaphragma), sonst wird ein Theil des Lichtes, das von seitlich gelegenen Puncten kömmt, vom Rande der Fassung abgehalten, und es ist leicht einzusehen, dass die Gläser um so mehr grösser sein müssen, je weiter sie von der Blendung entfernt sind.

Es ist aber die Expositionszeit, die ein Apparat erfordert, nur abhängig von der Lichtmenge, die zu einem Puncte vereinigt wird, und um die Helligkeit eines Apparates beurtheilen zu können, muss man seine Brennweite kennen und ausserdem wissen, mit welcher Oeffnung wirkt er für einen Punct, z. B. in der Mitte des Bildes; denn jene Theile der Linsen, die nur für die seitlich liegenden Puncte wirken, kommen hiebei nicht in Betracht.

Zur Bestimmung dieser, für die Helligkeit eines Punctes wirkenden Oeffnung, verfahre man in folgender Weise:

Nachdem mit dem Apparate auf eine grosse Entfernung eingestellt und dadurch die Bildebene hiefür bekannt ist, bringe man an die Stelle der matten Glastafel eine undurchsichtige Fläche, z. B. ein schwarzes Papier mit einer Oeffnung von 4 — 5 Millimeter Durchmesser in der

Digitized by Google

Mitte. Hinter diese Oeffnung (auf der vom Objective abgewandten Seite) bringe man ein helles Licht; z. B. die Flamme einer Petroleumlampe oder eine Gasflamme.

Stellt man sich jetzt vor das Objectiv und spannt ein durchscheinendes Papier über den Rand der Objectivfassung, so erscheint auf demselben eine runde erleuchtete Scheibe. Der Durchmesser dieser erleuchteten Scheibe ist die wirksame Oeffnung des Objectives, welche selbstverständlich für jede Blendungsöffnung eine andere wird.

Um die Helligkeit eines Apparates auszudrücken, dividire man mit der Zahl, die die wirksame Oeffnung angibt, in jene, welche die Brennweite bezeichnet (beide natürlich im gleichen Maassstabe ausgedrückt) und schreibe die Helligkeit als Bruch an, dessen Zähler 1, dessen Nenner die eben gefundene Zahl ist, welche angibt, wie oft die wirksame Oeffnung in der Brennweite enthalten ist.

Es ergab z. B. ein Objectiv eine Brennweite von 30 Centimeter, eine wirksame Oeffnung von 3 Centimeter; 30 : 3 gleich 10; so ist die Helligkeit desselben $^1/_{10}$.

Hat man von verschiedenen Objectiven oder beim nämlichen Objective mit verschiedenen Blenden die Helligkeiten in dieser Weise ausgedrückt, so ist ein Vergleichen in Bezug auf die nöthigen Expositionszeiten sehr leicht, wenn man beachtet, dass sich die Expositionszeiten verhalten, wie die mit sich selbst multiplicirten Nenner der Brüche, welche die Helligkeit ausdrücken.

Z. B. es ergaben zwei Blendungen eines Apparates die Helligkeiten $^1/_6$ und $^1/_{12}$, so verhalten sich die Expositionszeiten wie 6×6 zu 12×12 oder wie 36 zu 144; es ist somit bei der Helligkeit $^1/_{12}$ eine viermal so lange Expositionszeit nöthig, als bei der Helligkeit $^1/_6$.

7) Falsches Licht und heller Fleck.

Selbstverständlich ist es, dass im Innern der Kammern und an den Rändern der Fassungen glatte und glänzende Stellen vermieden werden müssen, welche durch Spiegelung falsches Licht in's Bild bringen würden.

Aber wenn auch solche Stellen sorgfältigst beseitigt werden, so ist es doch ganz unvermeidlich, dass noch falsches Licht in's Bild kömmt, und zwar durch die Spiegelungen, welche das Licht an den polirten Flächen der Gläser erleidet.

Von dem Lichte, das von einem Gegenstande ausgehend auf's

Digitized by Google

Objectiv fällt und nach den verschiedenen Brechungen durch dasselbe zum Bilde vereinigt werden soll, kehrt an jeder polirten Fläche ein Theil um; dieses ist unschädlich, denn es geht in der Richtung vom Bilde weg. Von dem Lichte jedoch, das an der zweiten, dritten oder jeder späteren Fläche umkehrt, wird ein Theil zum zweiten Mal gespiegelt, wenn er die schon vorher passirten Flächen wieder trifft. Dieser Theil des Lichtes geht in der Richtung des Bildes weiter und verursacht eine Trübung desselben, und zwar um so stärker, je mehr Flächen, die solche Umkehrungen veranlassen, vorhanden sind.

Die Zahl solcher Umkehrungen wächst rasch mit der Anzahl der getrennt stehenden Linsen; bei einer Linse findet 1 statt, bei 2 Linsen 6, bei 3 Linsen 15, bei 4 Linsen 28; es ist also unbedingt bei zwei Apparaten von sonst gleicher Leistung dem den Vorzug zu geben, der weniger getrennt stehende Linsen hat; er gibt stets klarere Bilder.

Ausserdem ist es nöthig, dass dieses falsche Licht möglichst weit auseinander geht, ehe es die Bildfläche trifft; dann hat es keine Intensität mehr und wird unschädlich. Bleibt es dagegen enge beisammen, so behält es viel grössere Intensität und erzeugt bei greller Beleuchtung den hellen Fleck in der Mitte der Platte. Es ist dies ein Fehler, der durch die Formen der Linsen, also durch die Construction der Objective bedingt ist und wo er vorhanden, nicht beseitigt werden kann; er vermindert die Tiefe der Bilder, die erreicht werden kann, wie weiter unten nachgewiesen ist.

8) Nothwendige Folge der Brennweite.

(Der zur Aufstellung nöthige Raum, wenn das Grössenverhältniss zwischen Gegenstand und Bild gegeben ist.)

Aus dem vorhergehenden ergibt sich, dass die Länge, auf welche die Camera ausgezogen werden muss, auch bei demselben Objective verschieden ist, je nach dem Abstande des Gegenstandes, dessen Bild auf der matten Platte deutlich eingestellt werden soll.

Ist auf einen sehr entfernten Gegenstand eingestellt, so liegt das Bild möglichst nahe am Objectiv; und es rückt weiter und weiter weg, je näher der Gegenstand kömmt. Den geringsten Abstand des Bildes vom Objective nennt man die Brennweite desselben; alle grösseren Abstände des Bildes vom Objective heissen die Vereinigungsweiten[1])

1) Um den Punct im Objective zu finden, von welchem aus die Brennweiten, die Vereinigungsweiten und die Objectabstände gezählt werden müssen, bestimme

Digitized by Google

(Auszuglänge der Camera), und es hat jedes Objectiv nur eine Brennweite, aber beliebig viele Vereinigungsweiten, welche jedoch alle grösser sind als die Brennweite.

Wenn man denselben Gegenstand in verschiedenen Abständen vor einem Objective aufstellt und jedesmal auf Deutlichkeit einstellt, so wird sich zeigen, dass das Bild dieses Gegenstandes auf der matten Scheibe jedesmal eine andere Grösse hat, und zwar wird das Bild um so kleiner, je weiter der Gegenstand entfernt war. Zwischen der Entfernung des Gegenstandes, der Auszuglänge der Camera und dem Grössenverhältniss des Gegenstandes zu seinem Bilde, finden ganz bestimmte Verhältnisse statt, und beiliegende Tabelle 2 gibt dieselben für ein Objectiv von der Brennweite 1. Die erste Rubrik dieser Tabelle bleibt für alle Objectivbrennweiten gleich, während die zweite und dritte Rubrik für die Brennweite 1 direct gelten; für jede andere Brennweite aber mit dieser multiplicirt werden müssen.

Handelt es sich um Verkleinerungen (Bild kleiner als das Object), so geht man von oben in die Tabelle ein; für Vergrösserungen von unten. (Man benützt die unteren Köpfe.)

Rubrik 1 gibt an, wie vielmal das Bild kleiner oder grösser als das zugehörige Object ist. Rubrik 3 sagt, wie weit entfernt der Gegenstand aufgestellt werden muss, und Rubrik 2 gibt die betreffende Auszugslänge der Camera, oder (was dasselbe ist) die Vereinigungsweite des Objectives für den gegebenen Fall. Zur Anwendung dieser Tabelle bestimme man zuerst, wie vielmal der Gegenstand im Bilde kleiner oder grösser werden soll, als in der Natur; suche diese Zahl in Rubrik 1, lese die auf gleicher Horizontallinie stehenden Zahlen der Rubriken 2 und 3 ab, multiplicire beide mit der Brennweite und findet dadurch die Auszuglänge der Camera (aus 2) und den Abstand des Objectes oder die Distanz, in welcher die Camera vom Objecte aufgestellt werden muss (aus 3). Addirt man diese beiden Zahlen, so findet sich die Länge des zur Aufstellung nöthigen Raumes, welche wegen des Platzes für den einstellenden Photographen noch etwas grösser angenommen werden muss.

Es soll z. B. eine Person von 180 Centimeter = 1,8 Meter Höhe mit einem Apparate von 20 Centimeter Brennweite so aufgenommen

man die Brennweite wie unter 1 angegeben, stelle dann auf sehr grosse Distanz (wenigstens 100 Brennweiten) die matte Glastafel ein, dann liegt der gesuchte Punct um die Brennweite vor der matten Glastafel.

Digitized by Google

Tabelle 2.

1. Verkleinerung	2. Auszuglänge	3. Objectabstand	1. Verkleinerung	2. Auszuglänge	3. Objectabstand
∞ mal	1,000	∞	8 mal	1,125	9
1000 „	1,001	1001	7,5 „	1,133	8,5
500 „	1,002	501	7 „	1,143	8
200 „	1,005	201	6,5 „	1,154	7,5
100 „	1,010	101	6 „	1,167	7
90 „	1,011	91	5,5 „	1,182	6,5
80 „	1,012	81	5 „	1,200	6
70 „	1,014	71	4,5 „	1,222	5,5
60 „	1,017	61	4 „	1,250	5
50 „	1,020	51	3,5 „	1,286	4,5
45 „	1,022	46	3 „	1,333	4
40 „	1,025	41	2,8 „	1,357	3,8
35 „	1,029	36	2,6 „	1,385	3,6
30 „	1,033	31	2,4 „	1,417	3,4
25 „	1,040	26	2,2 „	1,455	3,2
20 „	1,050	21	2,0 „	1,500	3
18 „	1,056	19	1,9 „	1,526	2,9
16 „	1,062	17	1,8 „	1,556	2,8
15 „	1,067	16	1,7 „	1,588	2,7
14 „	1,071	15	1,6 „	1,625	2,6
13 „	1,077	14	1,5 „	1,667	2,5
12 „	1,083	13	1,4 „	1,714	2,4
11 „	1,091	12	1,3 „	1,769	2,3
10 „	1,100	11	1,2 „	1,833	2,2
9 „	1,111	10	1,1 „	1,909	2,1
8,5 „	1,118	9,5	1 „	2,000	2
Vergrösserung 1	Objectabstand 3	Auszuglänge 2	Vergrösserung 1	Objectabstand 3	Auszuglänge 2

werden, dass ihr Bild 12 Centimeter hoch wird. Hiebei ist die Verkleinerung $^{180}/_{12}$ gleich 15mal; bei 15maliger Verkleinerung geben die Rubriken 2 und 3 die Werthe 1.067 und 16; diese mit 20 multiplicirt geben 21,34 Centimeter als Auszuglänge der Camera, und 320 Centimeter oder $3^1/_5$ als Objectabstand; hiezu circa 60 Centimeter Platz für den einstellenden Photographen, bedingt einen Raum von ungefähr 4 Meter Länge zu dieser Aufnahme.

Da in der Tabelle nicht alle Grössenverhältnisse zwischen Object und Bild vorgesehen sind, sei hier die Vorschrift gegeben, wie in solchen Fällen Objectabstand und Auszugslänge der Camera gefunden werden können.

Für Verkleinerung. Man lege der Zahl, welche die verlangte Verkleinerung ausdrückt, 1 zu, und multiplicire hiemit jene Zahl, welche die Brennweite angibt; dadurch erhält man den Objectabstand. Der

Digitized by Google

Objectabstand, dividirt durch die Zahl, welche die Verkleinerung ausdrückt, gibt die Auszuglänge der Camera.

Z. B. die Brennweite sei 30 Centimeter, die verlangte Verkleinerung 22mal; so rechne man: 22 und 1 ist 23; 23 × 30 gibt 690 Centimeter (gleich $6^{9}/_{10}$ Meter als Objectabstand, $^{690}/_{22}$ oder 31,36 Centimeter als Auszuglänge der Camera.

Für Vergrösserung. Zur Zahl, welche die verlangte Vergrösserung ausdrückt, addire man 1; mit der so erhaltenen Zahl multiplicire man die Brennweite und findet die Auszuglänge der Camera. Diese dividirt durch die Zahl, welche die Vergrösserung ausdrückt, gibt den Objectabstand.

Z. B. eine Karte soll 2,5mal grösser als das Original werden; der Apparat hat wieder 30 Centimeter Brennweite, so hat man: 2,5 und 1 ist 3,5; 3,5 × 30 gibt 105 Centimeter als Auszuglänge der Camera und $^{105}/_{2/5} = 42$ Centimeter als Objectabstand.

9) Nothwendige Folge der Deutlichkeit und des Gesichtsfeldwinkels.

(Plattengrösse, welche ein Objectiv mit deutlichem Bilde deckt.)

Aus 8. folgt, dass mit Objectiven von jeder Brennweite jedes beliebige Verhältniss der Bildgrösse zu der des Gegenstandes hergestellt werden kann, und dass sich hiebei nur die Distanzen des Objectes und des Bildes vom Objective ändern.

Es könnte zu gleicher Zeit jede Plattengrösse erreicht werden, wenn nicht einerseits der Gesichtsfeldwinkel, anderseits die Deutlichkeit der Bilder hier Grenzen setzen würden. Unter 5 ist angegeben, wie die Grösse der Platte für das Bild eines entfernten Gegenstandes bestimmt wird; rückt der Gegenstand aber näher, so ist der Werth, welchen die Rubrik I bei Tabelle 1 enthält, statt, wie dort angegeben, mit der Brennweite, mit der Vereinigungsweite (welche aus Tabelle 2 als Auszuglänge der Camera gerechnet wird) zu multipliciren.

Mehr als dies ist in Bildgrösse nie zu erreichen, häufig jedoch weniger, und zwar deswegen, weil mit der Zunahme der Vereinigungsweite gegen die Brennweite auch die Bildgrössen und mit diesen die Undeutlichkeiten wachsen; war nun der Gesichtsfeldwinkel für den entfernten Gegenstand so bestimmt, dass die Deutlichkeit am Rande gerade noch genügte, so wird sie in Folge der Vergrösserung, die beim Nähereinstellen das Bild mit allen seinen Fehlern erleidet, nicht mehr genügen und man wird genöthigt sein, entweder einen kleineren

Digitized by Google

Theil des Gesichtsfeldwinkels zu benützen, oder durch Anwendung engerer Blendungen die Deutlichkeit zu erhöhen[1]).

Während also die Wahl der Brennweite eines Objectives für eine gegebene Aufnahme durch den Raum zur Aufstellung begrenzt ist, hängt die erreichbare Plattengrösse vom Gesichtsfeldwinkel und der Deutlichkeit ab.

Zu diesen beiden Rücksichten, die für Reproductionen ebener Gegenstände, wie Karten etc., genügen würden, kommt in vielen Fällen (Aufnahmen von Landschaften, todten und lebenden Gruppen, Portraits) noch eine weitere, nämlich die Tiefe der Bilder.

10) Tiefe der Bilder.

Nachdem festgestellt ist, dass beim nämlichen Objective jeder Entfernung des Objectives eine andere Vereinigungsweite entspricht, ist ersichtlich, dass nie für zwei verschieden entfernte Gegenstände zugleich möglichst scharf eingestellt werden kann. Es wäre deshalb eine Tiefe der Bilder eine Unmöglichkeit, wenn gleichzeitig absolute Schärfe verlangt würde. Dies ist jedoch nicht der Fall; denn alle Fehler, die zu klein sind, um von einem guten Auge erkannt werden zu können, sind vollständig unschädlich. Hiedurch ist die Möglichkeit geboten, dass auch Bilder, die nicht streng richtig eingestellt sind, noch genügend deutlich erscheinen. Da aber Bilder, deren Abstand vom Objective ein verschiedener ist, von ungleich weit entfernten Gegenständen herrühren müssen, so liegt hierin die Erklärung, dass eine Tiefe der Bilder erreichbar ist. Wie gross diese werden kann und welche Fälle günstig oder ungünstig darauf einwirken, mag aus Folgendem erhellen:

Es sei in Fig. 1 Tafel XVIII P das Bild eines Punctes M, es sei OO' die wirksame Oeffnung des Objectives, CP dessen Vereinigungsweite, MC der Abstand des Objectes.

In diesem Falle wird das Bild deutlich eingestellt sein, wenn die matte Glastafel die optische Axe MCP im Puncte P schneidet; es wird aber auch noch genügend deutlich bleiben, wenn die matte Glas-

1) Aus dem nämlichen Grunde, weil mit dem Maassstabe (der Brennweite) eines Objectives alle Fehler wachsen, muss dieselbe Construction, wenn sie mit verschieden grossen Brennweiten ausgeführt wird, bei den grösseren Brennweiten kleinere Gesichtsfeldwinkel und kleinere Helligkeit erhalten, wenn gleiche Deutlichkeit verlangt wird.

Digitized by Google

tafel um Weniges vor oder zurück gestellt wird; und die Deutlichkeit wird erst aufhören, wenn die Verstellung so stark ist, dass die Abstände P^0P' oder $P''P'''$ (Fig. 2 Tafel XVIII) so gross werden, dass das Auge nicht mehr einen Punct, sondern ein Scheibchen sieht.

Eben so viel als die Platte verschoben werden kann, während das Bild noch genügend deutlich erscheint, dürfen Bilder vor oder hinter der streng eingestellten Ebene liegen, um in dieser ebenfalls noch genügend deutlich zu sein.

Nimmt man nun einen Durchmesser an, den das Bild eines Punctes erreichen darf, um noch als Punct gesehen zu werden, so ist damit eine Deutlichkeitsgrenze angenommen und es lassen sich unter Beibehaltung dieser nämlichen Deutlichkeitsgrenze an ein paar practischen Beispielen die Einflüsse nachstehender Eigenschaften auf die Tiefe der Bilder erörtern.

Die Eigenschaften, deren Einfluss zu bestimmen ist, seien:

a) Grösse der wirksamen Oeffnung im Verhältniss zur Brennweite, *b*) Grösse des Bildes im Verhältniss zu seinem Object, *c*) Grösse der Brennweite, *d*) Form der Bildfläche, *e*) Reflexbilder und falsches Licht.

Als Deutlichkeitsgrenze wollen wir $^1/_{50}$ Centimeter $= {}^1/_5$ Millimeter annehmen; d. h. das Bild eines Punctes darf den Durchmesser 0,02 Centimeter (aber keinen grösseren) annehmen, wenn es noch für deutlich erklärt werden soll.

In umstehender Tabelle 3 sind die Resultate von 16 Fällen zusammengestellt, welche für die angenommenen Helligkeiten, Brennweiten und Grössenverhältnisse die mit der Deutlichkeit von $^1/_{50}$ Centimeter erreichbaren Tiefen erkennen lassen.

Denkt man sich in Fig. 1 Tafel XVIII im Puncte P die Einstellplatte, so ist das Bild des Punctes M streng eingestellt. Dieselben Puncte M (Object) und P (dessen Bild) sind auch in Fig. 2 Taf. XVIII, aber ausserdem noch ein zweites entfernteres Object M_0 und sein Bild P_0. Die Strahlen, welche den Punct P_0 bilden, gehen von da an wieder auseinander und treffen die in P stehende Einstellplatte in den Puncten d und d', so dass das Bild des entfernteren Punctes M_0 in der Ebene den Durchmesser dd' erhält. Dieser Durchmesser ist abhängig von der Entfernung des Punctes P_0 von P und von der Neigung, welche die Strahlen OP_0d' und $O'P_0d$ mit einander bilden; diese Neigung aber ist bedingt durch die Grösse der wirksamen Oeffnung im Verhältniss zur Brennweite. Ist in Figur 2 z. B. OO' $^1/_5$

Digitized by Google

Tabelle 3.

Fall	Brennweite	Helligkeit	Verkleinerung des Objectes, das			Abstand des Objectes, welches			Auszugslänge oder Vereinigungsweite	Tiefe		
			streng eingestellt	am entferntesten	am nächsten	streng eingestellt	am entferntesten	am nächsten		Gesammttiefe	in die Ferne	in die Nähe
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.
	cm					cm	cm	cm	cm	cm		
1	100	1/5	16mal	16,26mal	15,75mal	1700	1726,0	1674,8	106,25	51,2	26,0	25,2
2	100	1/5	8 „	8,06 „	7,94 „	900	906,4	893,6	112,50	12,8	6,4	6,4
3	100	1/5	4 „	4,02 „	3,98 „	500	501,6	498,4	125,00	3,2	1,6	1,6
4	100	1/5	1 „	1,00 „	1,00 „	200	200,1	199,9	200,00	0,2	0,1	0,1
5	100	1/30	16 „	17,69 „	14,59 „	1700	1868,8	1559,1	106,25	309,7	168,8	140,9
6	100	1/30	8 „	8,40 „	7,63 „	900	940,1	863,2	112,5	76,9	40,1	36,8
7	100	1/30	4 „	4,10 „	3,91 „	500	509,8	490,6	125,00	19,2	9,8	9,4
8	100	1/30	1 „	1,01 „	0,99 „	200	200,6	199,4	200,00	1,2	0,6	0,6
9	10	1/5	16 „	19,01 „	13,77 „	170	200,1	147,7	10,62	52,4	30,1	22,3
10	10	1/5	8 „	8,69 „	7,40 „	90	96,9	84,0	11,25	12,9	6,9	6,0
11	10	1/5	4 „	4,17 „	3,84 „	50	51,7	48,5	12,50	3,2	1,7	1,5
12	10	1/5	1 „	1,01 „	0,99 „	20	20,1	19,9	20,00	0,2	0,1	0,1
13	10	1/30	16 „	175,20 „	7,93 „	170	1762,0	89,3	10,62	1672,7	1592,0	80,7
14	10	1/30	8 „	14,70 „	5,31 „	90	157,0	63,1	11,25	93,9	67,0	26,9
15	10	1/30	4 „	5,19 „	3,19 „	50	61,9	42,0	12,50	19,9	11,9	8,0
16	10	1/30	1 „	1,06 „	0,94 „	20	20,6	19,4	20,00	1,2	0,6	0,6

Digitized by Google

von CP_0, so muss nothwendig dd' auch $^1/_5$ von P_0P sein; d. h. wenn die Oeffnung eines Objectives $^1/_5$ ist, so ist der Durchmesser dd' eines nicht eingestellten Bildpunctes $^1/_5$ des Abstandes P_0P, um den das deutliche Bild P_0 von der Einstellplatte P entfernt ist.

Wir haben verlangt, dass der Durchmesser dd' nicht grösser als $^1/_{50}$ Centimeter werden darf; damit ist zugleich verlangt, dass bei $^1/_5$ Oeffnung der Abstand P_0P nicht mehr als $5 \times ^1/_{50}$ Centimeter, oder $^1/_{10}$ Centimeter = 1 Millimeter werden darf. Ebenso würde ein Punct P_1, der $^1/_{10}$ Centimeter hinter P liegt, in der Ebene P den Durchmesser von $^1/_{50}$ Centimeter erhalten. Es werden also alle Gegenstände, deren Bilder zwischen P_0 und P_1 fallen, in der Ebene P mit der verlangten Deutlichkeit erscheinen; und wie man die Entfernung der Gegenstände, deren Bilder in P_0 und P_1 liegen, bestimmt, lässt sich die Tiefe angeben, welche der Apparat mit der vorgeschriebenen Deutlichkeit gibt. Dem Bildpunkte P_0 wird das entfernte Object M_0, dem Bildpunkte P_1 das nächstliegende Object M_1 entsprechen, dem Bildpunct P dagegen das streng eingestellte Object M. Die Gesammttiefe wäre M_0M_1; hievon wäre vom eingestellten Objecte aus gerechnet MM_0 Tiefe in die Ferne, MM_1 Tiefe in der Nähe.

ad a) Wird durch eine engere Blendung die Oeffnung OO' verringert, so wird nothwendig auch der Durchmesser dd' kleiner werden, und er wird die festgesetzte Grenze erst für einen Bildpunct erreichen, der weiter von P entfernt ist als P_0 oder P, und diesen weiter von P entfernten Bildpuncten entsprechen weiter von M entfernte Objecte; somit muss das Bild mit der engeren Blende eine grössere Tiefe erhalten.

Durch die Betrachtung einiger Fälle in der gegebenen Tabelle 3 lässt sich bestimmen, um wie viel die Tiefe wächst. Fall 3 und Fall 7 sind beide für ein Objectiv von 100 Centimeter Brennweite gerechnet, mit welchem auf einen Abstand von 500 Centimeter streng eingestellt ist. Die streng eingestellten Bilder haben daher beide $^1/_4$ der natürlichen Grösse; im ersten Falle ist die Oeffnung $^1/_5$ im zweiten $^1/_{30}$; im ersten Falle ist die Gesammttiefe (Rubr. 11) 3,2 Centimeter, im letzteren 19,2 Centimeter; während also der Durchmesser der Blendung 6mal kleiner ward, wurde die Tiefe 6mal grösser. Dasselbe Resultat geben die Fälle 1 und 5, 2 und 6, 4 und 8, eben so 11 und 15, 12 und 16. Es lässt sich somit der Satz aufstellen: Unter sonst gleichen Verhältnissen wird die Tiefe um so vielmal grösser, als

Digitized by Google

der Durchmesser der wirksamen Oeffnung kleiner wird, und umgekehrt.[1])

ad b) In den Fällen 1, 2, 3 und 4 ist die Helligkeit gleich, ebenso die Brennweite; aber das Grössenverhältniss zwischen Object und Bild ist verschieden; bei 1 ist die Verkleinerung 16mal, die Tiefe 51,2 Centimeter; bei 2 ist die Verkleinerung 8mal, die Tiefe 12,8 Centimeter. Während also die Verkleinerung 2mal geringer ist, ist die Tiefe (2 × 2) 4mal kleiner. Bei 3 ist die Verkleinerung 4mal, die Tiefe 3,2 Centimeter; so dass gegen 1 die Verkleinerung 4mal, die Tiefe dagegen (4 × 4) oder 16mal geringer ist. Ebenso gibt 1 und 4 Verkleinerung 16mal weniger; Tiefe 256 oder 16 × 16 geringer. Die Fälle 5—8 sowie 9—12 ergeben das gleiche Gesetz, so dass der Satz aufzustellen ist:

Die Zahl, welche ausdrückt, um wie vielmal die Verkleinerung geringer wird, muss mit sich selbst multiplicirt werden, um zu ergeben, wie viel mal die Tiefe dabei abnimmt, und umgekehrt.

Mit anderen Worten, mit der Abnahme der Verkleinerung oder Zunahme der Vergrösserung des Bildes gegen sein Object nimmt unter sonst gleichen Verhältnissen die Tiefe quadratisch ab.

Hierin liegt die Ursache, dass es nie gelingen kann, lebensgrosse Portraits durch directe Aufnahmen zu erhalten, während durch eine kleine Originalaufnahme, welche nachher vergrössert wird, die nöthige Tiefe für lebensgrosse Bilder erreicht werden kann. Wird eine Person in $^1/_{20}$ natürlicher Grösse aufgenommen, so erhält, bei gleicher Deutlichkeitsgrenze, das Bild eine 20 × 20 oder 400mal grössere Tiefe, als wenn sie direct in natürlicher Grösse aufgenommen worden wäre; wird es nun 20mal vergrössert, so werden auch die von der Tiefe herrührenden Fehler 20mal grösser, so dass sie im Ganzen noch 400 : 20 oder 20mal kleiner bleiben, als bei directer grosser Aufnahme.

ad c) Vergleichen wir in der gegebenen Tabelle 3 die Fälle 1 mit 9, 2 mit 10, 3 mit 11, 4 mit 12, 7 mit 15 und 8 mit 16; so findet sich stets Helligkeit und Grössenverhältniss zwischen Gegenstand

1) Die Fälle 9 und 13, sowie 10 und 14, bei welchen die Tiefe schneller wächst, bilden nur eine scheinbare Ausnahme; weil in solchen Fällen, wo der streng eingestellte Bildpunct dem Brennpunct sehr nahe liegt, die Verkleinerung für die entfernteren Objecte schnell zunimmt nnd dadurch nicht mehr unter „sonst gleichen Verhältnissen" verglichen wird.

Digitized by Google

und Bild für das streng eingestellte Object gleich, während die Brennweiten um das 10fache verschieden sind; nichts desto weniger ist in allen diesen Fällen die mit gleicher Deutlichkeitsgrenze erreichbare Tiefe dieselbe. Hieraus folgt, dass die Tiefe der Bilder von der Helligkeit und vom Grössenverhältniss zwischen Object nnd Bild, aber nicht von der Brennweite des Objectives abhängig ist. Betrachten wir jedoch die Rubriken 4, 5 und 6 genauer, so zeigt sich doch noch ein Einfluss der Brennweite auf das Bild, wenn auch nicht in Bezug auf Tiefe.

In Rubrik 4 ist angegeben, um wie viel mal das Bild des streng eingestellten Objectes kleiner ist als dieses; in den Rubriken 5 und 6 finden sich die gleichen Angaben für den entferntesten und nächsten Gegenstand, der noch genügend deutlich erscheint. Bei Fall 1 wie im Fall 9 ist der streng eingestellte Gegenstand im Bilde 16mal kleiner als in Natur; der entfernteste und der nächste sind aber im Falle I. 16, 26 und 10,75mal verkleinert, dagegen im Falle 9, 19,01 und 13,77 mal; d. h. wenn ein Gegenstand mit Apparaten von verschiedener Brennweite in gleicher Grösse aufgenommen wird, so ist die Perspective der Bilder verschieden, und zwar entspricht die Aufnahme mit grosser Brennweite einer Perspective, bei welcher der Augenpunct weit vom Gegenstand entfernt angenommen ist und umgekehrt, z. B.

Wenn ein Würfel so aufgestellt ist, dass drei seiner Kanten vertical stehen und verschieden weit vom beobachtenden Auge abstehen, so wird, wenn man ihn von einem nahen Punkte aus perspectivisch zeichnet, die nächste verticale Kante am längsten, die entfernteste am kürzesten werden müssen; zeichnet man ihn dagegen perspectivisch aus grosser Entfernung, so werden die drei Vertikalkanten fast gleich lang werden; — die nächstliegende Kante wird länger, weil die Verkleinerung für das näher liegende Object eine geringere ist und umgekehrt.

ad d) Wenn das Bild, das ein Apparat entwirft, nicht eben ist, sondern auf einer (gegen den Einstellenden) erhabenen, gekrümmten Fläche liegt, so tritt der Fall ein, wie ihn Fig. 3 auf Tafel XVIII darstellt.

Die Puncte M und M^* gehören einem ebenen Objecte an; das Bild von M liege in P, also wird die Einstellplatte auch in P die Achse schneiden, wenn in der Mitte des Bildes streng eingestellt ist. Das Bild

Digitized by Google

von M^* liege in P^*, also vor der Einstellplatte, und würde in der Ebene PQ undeutlich erscheinen. In solchen Fällen ist es Gebrauch, die Deutlichkeit zwischen der Mitte des Bildes und dem Rande desselben durch die Einstellung auszugleichen; man würde die Einstellplatte in die Ebene $P'Q'$ bringen; während das Axenbild in P eingestellt war, ist jetzt die Platte um das Stück PP_1 zu weit hinein eingestellt; dieses Stück geht an der Tiefe für näher liegende Gegenstände verloren, der Punct P^* ist trotz der Verschiebung der Platte noch nicht ganz eingestellt und für ihn geht so viel an Tiefe für die Form verloren, als der Abstand P^* von der Ebene $P'Q'$ ausmacht.

Es muss somit der Satz aufgestellt werden: Die Tiefe, die ein Apparat gibt, kann nur dann für das ganze Bild benützt werden, wenn das Bild eben ist. Bei gekrümmten Bildern geht immer ein Theil der Tiefe verloren, welcher zur Ausgleichung beim Einstellen verwendet wird.

ad e) Jeder Photograph wünscht von den Apparaten möglichst geringe Expositionszeit bei möglichst grosser Tiefe. Aus dem Vorhergehenden folgt, dass mit Zunahme der wirksamen Oeffnung eines Objectives, welche geringere Expositionszeit ermöglicht, ganz nothwendig die Tiefe geringer wird. Will man aber die Expositionszeit vermindern, ohne die wirksame Oeffnung zu vergrössern, so gibt es dazu zwei Mittel; das eine besteht in empfindlicheren Präparaten und ist Sache des Chemikers, das andere in besserer Beleuchtung (welche nicht einseitig sein darf, wenn zu grelle Schatten vermieden werden sollen).

Starke Beleuchtung aber ertragen nur solche Apparate, welche wenig getrennt stehende Linsen besitzen und eine Form der Linsen haben, die das Entstehen des hellen Fleckes ausschliesst.

Ein Apparat mit ebenem Bilde aus wenig Linsen und ohne störende Reflexe gibt bei gleicher Expositionszeit grössere Tiefe, oder bei gleicher Tiefe kürzere Expositionszeit als ein anderer, dem eine dieser Eigenschaften fehlt.

Digitized by Google

Ueber eine Anwendung des Spectralapparates zur optischen Untersuchung der Krystalle.

Von

L. Ditscheiner.

(Mit 2 Holzschnitten.)

(Wiener Sitzungsberichte. Bd. LVIII. Heft 1.)

Wenn man vor der Spalte eines Spectralapparates einen Nicol so aufstellt, dass die Schwingungsrichtung des aus ihm austretenden Lichtes mit der Spalte einen Winkel von 45 Graden bildet, so hängt die Intensität des Spectrums bekanntlich von der Lage eines zweiten, vor der Ocularlinse des Beobachtungsfernrohres angebrachten Nicols ab. Ist dieser zweite Nicol so gestellt, dass seine Schwingungsrichtung derjenigen des ersten parallel steht, so geht alles von dem ersten Nicole kommende Licht durch ihn hindurch, es hat bei dieser Stellung der Nicole das Spectrum seine grösste Intensität. Befinden sich aber die Nicole in gekreuzter Stellung, steht also die Schwingungsrichtung des ersten auf jener des zweiten senkrecht, so tritt aus dem zweiten Nicole gar kein Licht aus, die Intensität des Spectrums ist Null. Bedeckt man aber die Collimatorlinse mit einer planparallelen doppeltbrechenden Platte, etwa von der Dicke D, so dass die Normale der Platte zu der Collimatoraxe parallel ist, dass also das Licht senkrecht durch dieselbe hindurchgeht und gibt man dieser Platte eine solche Stellung, dass ihre beiden Hauptschwingungsrichtungen mit der Spalte Winkel von 0 und 90° bilden, so sieht man sowohl bei paralleler als auch bei gekreuzter Stellung der Nicole das Spectrum hell, aber unterbrochen durch zahlreiche vollkommen schwarze Interferenzstreifen, die nahezu gleichweit von einander abstehen. Bei gekreuzter Stellung der Nicole treten diese Interferenzstreifen bekanntlich an allen jenen Stellen des Spectrums auf, für welche

$$\sin \frac{\pi}{\lambda} (\mu_{,} - \mu_{,,}) \; D = 0,$$

dort also, wo der Gangunterschied der beiden durch die Platte gehen-

Digitized by Google

den, senkrecht zu einander schwingenden Strahlen eine ganze Anzahl von Wellenlängen beträgt. In dieser Formel bedeuten $\mu_,$ und $\mu_{,,}$ die Brechungsquotienten der beiden senkrecht durch die Platte gehenden Strahlen, und λ die ihnen entsprechende Wellenlänge in Luft. Bei paralleler Stellung der Nicole hingegen treten diese schwarzen Interferenzstreifen an allen Stellen des Spectrums auf, für welche

$$\cos\frac{\pi}{\lambda}(\mu_, - \mu_{,,})\ D = 0,$$

dort also, wo bei gekreuzter Stellung der Nicole sich Intensitätsmaxima finden. Bringt man nun hinter dieser feststehenden Krystallplatte eine zweite, welche ebenfalls senkrecht auf den aus dem Collimator kommenden Strahlen steht, so hängt die Lage und Intensität der nun im Spectrum auftretenden dunklen Interferenzstreifen von der Stellung dieser zweiten Platte ab. Drehen wir nämlich diese Platte um eine zur optischen Axe des Collimators parallele Linie, so gibt es gewisse Stellungen derselben, bei welchen die Interferenzstreifen wieder an allen Stellen des Spectrums mit gleicher Schärfe und gleicher Entfernung auftreten. Bei einer Drehung um 90° findet man immer drei solche Stellungen. Bei einer dieser Stellungen sind die Interferenzstreifen gerade so angeordnet, wie jene, welche die feststehende Platte allein liefert, es nimmt dabei also diese zweite Platte gar keinen Einfluss auf die Erscheinung, welche die erste liefert. Bei den beiden übrigen Stellungen, die man durch Drehen der Platte um 45° nach rechts und nach links aus der erst genannten Stellung findet, sind die Interferenzstreifen in dem einen Falle näher aneinander, in dem andern aber weiter auseinander gerückt, wieder aber gleichweit von einander abstehend und von gleicher Schwärze. Bei den Zwischenstellungen der Platte aber ist die Schwärze der Streifen verschieden für die verschiedenen Stellen des Spectrums. An manchen Stellen sind sie vollkommen schwarz, an anderen dazwischen liegenden aber nur schwach. Auch ist an den verschiedenen Stellen des Spectrums ihre gegenseitige Entfernung sichtlich verschieden, bald liegen sie näher aneinander, bald sind sie weiter von einander entfernt. Diese Erscheinung erinnert im grossen Ganzen an das Auftreten der durch planparallele Krystallplatten hervorgerufenen Talbot'schen Interferenzstreifen. Beim continuirlichen Drehen der Platte tritt auch ein rascher Wechsel nicht nur der Intensität, sondern auch der Lage der Streifen ein.

Digitized by Google

Um diese Erscheinung rechnen zu können, soll in Fig. 1. Oy die Richtung der Spalte des Apparates darstellen, OA soll die Schwin-

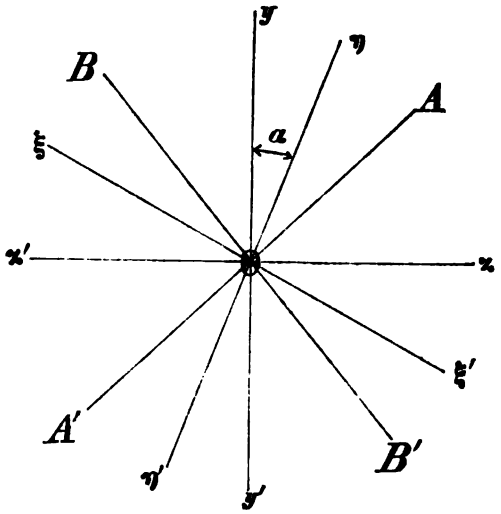


Fig 1.

gungsrichtung des aus dem Nicole kommenden auf die fixe Krystallplatte fallenden linearpolarisirten Lichtes bedeuten. Der Winkel AOy ist somit gleich 45°. Oy und Ox sind dann die Schwingungsrichtungen der beiden durch die fixe Platte gehenden Strahlen. Bezeichnen wir den Ausschlag eines Aethertheilchens an der ersten Fläche der Platte mit z, so ist

$$z = a \sin \frac{2\pi}{\lambda} vt.$$

Diese in der Richtung OA stattfindende Bewegung theilt sich nun in zwei parallel Ox und Oy stattfindende, und die beiden aus der Platte austretenden Strahlen sind, da sie gegen einen ohne vorgesetzte Platte ausgetreten gedachten Strahl Gangunterschiede von $\mu_1 D$ und $\mu_{11} D$ erlitten haben, gegeben durch

$$x = \sqrt{\tfrac{1}{2}}\, a \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - \mu_1 D)$$

$$y = \sqrt{\tfrac{1}{2}}\, a \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - \mu_{11} D).$$

Dabei haben λ, μ_1 und μ_{11} sowie D die ihnen oben schon gegebene Bedeutung. Diese beiden Strahlen fallen nun auf die drehbare Platte, deren Dicke D' sein soll. Die beiden aufeinander senkrecht stehenden Hauptschwingungsrichtungen seien $O\xi$ und $O\eta$. Der Winkel $yO\eta$ ist α.

Digitized by Google

Seine Grösse hängt von der Lage der Platte ab. Die Brechungsquotienten der beiden sich senkrecht gegen die Platte fortpflanzenden Strahlen seien ähnlich wie bei der ersten μ', und $\mu'_{,,}$. Jeder der durch x und y gegebenen Strahlen zerlegt sich beim Durchgange durch die zweite Platte in zwei parallel $O\xi$ und $O\eta$ schwingende Componenten, welche neuerdings Gangunterschiede μ', D' und $\mu'_{,,}$ D' gegen jenen idealen, durch keine der Platten gehenden Strahl erleiden. Aus der zweiten Platte treten also wieder zwei senkrecht zu einander schwingende Strahlen aus, die durch Zusammensetzung der in derselben Richtung schwingenden Componenten von x und y entstanden sind, und welche gegeben sind durch

$$\xi = a\sqrt{\tfrac{1}{2}}.\left[\sin\alpha\sin\frac{2\pi}{\gamma}(vt-\mu_{,,}D-\mu',D') - \cos\alpha\sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt-\mu,\ D-\mu',\ D')\right],$$

$$y = a\sqrt{\tfrac{1}{2}}.\left[\cos\alpha\sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt-\mu_{,,}D-\mu'_{,,}D') + \sin\alpha\sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt-\mu,D-\mu'_{,,}D')\right].$$

Ist die Schwingungsrichtung OB des zweiten Nicols so gestellt, dass sie mit jener OA des ersten einen rechten Winkel bildet, sind also beide Nicole in gekreuzter Stellung, so müssen wir wieder jede der Strahlen in zwei parallel OA und OB schwingende Componenten zerlegen. Die letztere Componente geht durch den zweiten Nicol hindurch, während die erste verschwindet. Aus dem zweiten Nicole tritt also wieder linear polarisirtes Licht aus, das durch Zusammensetzung der in der Richtung OB schwingenden Componenten von ξ und η erhalten wird. Es ist

$$\begin{aligned}\varsigma &= \xi\cos(45-\alpha)+\eta\cos(45+\alpha)\\ &= \xi\sqrt{\tfrac{1}{2}}(\cos\alpha+\sin\alpha)+\eta\sqrt{\tfrac{1}{2}}(\cos\alpha-\sin\alpha).\end{aligned}$$

Wenn wir die oben gefundenen Werthe für ξ und η in diese Gleichung substituiren, so finden wir nach einigen Reductionen für ς folgenden Werth

$$\varsigma = a\left\{\cos^2\alpha\sin(m+n)+\sin^2\alpha\sin(m-n)\right\}\cos\frac{2\pi}{\lambda}(vt-S) + a\sin\alpha\cos\alpha\left\{\cos(m-n)-\cos(m+n)\right\}\sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt-S).$$

In dieser Gleichung sind der Kürze halber gesetzt worden

$$m = \frac{\pi}{\lambda}(\mu,-\mu_{,,})D,\quad n = \frac{\pi}{\lambda}(\mu',-\mu'_{,,})D'$$

Digitized by Google

$$S = \frac{(\mu, + \mu_{,,})\, D + (\mu', + \mu'_{,,})\, D'}{2}.$$

Wir finden, wenn wir statt $\cos \frac{2\pi}{\lambda}(vt - S)$ den gleichen Werth $\sin[90 - \frac{2\pi}{\lambda}(vt - S)] = -\sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt - S - \frac{\lambda}{2\pi} \cdot 90^0)$ setzen, endlich noch die Sinuse und Cosinuse der Summen und Differenzen entwickeln

$$\xi = -a(\sin m \cos n + \cos m \sin n \cos 2\alpha) \sin \frac{2\pi}{\lambda}(vt - S - \frac{\lambda}{2\pi} \cdot 90^0).$$
$$+ a \sin m \sin n \sin 2\alpha \sin \frac{2\pi}{\lambda}(vt - S).$$

Der aus dem zweiten Nicole austretende Strahl kann also zusammengesetzt gedacht werden aus zwei in derselben Ebene schwingenden Strahlen von gleicher Farbe, verschiedenen Amplituden und einem Gangunterschied $\frac{\lambda}{2\pi} 90^0 = \frac{\lambda}{4}$. Zwei Strahlen von der Form

$$a_1 \sin \frac{2\pi}{\lambda}(vt - S) \text{ und}$$

$$a_2 \sin \frac{2\pi}{\lambda}(vt - S - A)$$

geben aber bekanntlich einen einzigen Strahl derselben Farbe, dessen Amplitude ist

$$a' = \sqrt{a_1^2 + a_2^2 + 2a_1 a_2 \cos\frac{2\pi}{\lambda} A}.$$

In unserem Falle ist $\cos \frac{2\pi}{\lambda} \cdot A = \cos \frac{\pi}{2} = 0$, es wird sonach

$$a' = \sqrt{a_1^2 + a_2^2}.$$

Es ist also die Intensität des bei gekreuzter Stellung der Nicole aus dem zweiten austretenden Lichtes folgende

$$J = a^2[(\sin m \cos n + \cos m \sin n \cos 2\alpha)^2 + \sin^2 m \sin^2 n \sin^2 2\alpha] \quad (1)$$

Befinden sich die Nicole in paralleler Stellung, so werden nur die beiden zu OA parallelen Componenten von ξ und η durch den zweiten Nicol hindurchgehen, und der austretende Strahl würde gegeben sein durch

$$\zeta' = \xi \sin(45 - \alpha) + \eta \sin(45 + \alpha)$$
$$= \xi \sqrt{\tfrac{1}{2}}(\cos\alpha - \sin\alpha) + \eta \sqrt{\tfrac{1}{2}}(\cos\alpha + \sin\alpha).$$

Die weitere Entwickelung in ganz derselben Weise wie oben ausgeführt, und unter Beibehaltung derselben Kürzungen, liefert für die Intensität des austretenden Strahles folgende Formel:

Digitized by Google

(2) $J_1 = a^2 [(\cos m \cos n - \sin m \sin n \cos 2\alpha)^2 + \cos^2 m \sin^2 n \sin^2 2\alpha]$.

Die Gleichung (1) vereinfacht sich, wenn wir für α bestimmte specielle Werthe setzen. Setzen wir z. B. $\alpha = 0$, so erhalten wir

$$J = a^2 (\sin m \cos n + \cos m \sin n)^2 = a^2 \sin^2 (m + n)$$

oder für m und n ihre oben angegebenen Werthe gesetzt

(3) $$J = a^2 \sin^2 \frac{\pi}{\lambda} [(\mu_{,} - \mu_{,,}) D + (\mu'_{,} - \mu'_{,,}) D'].$$

Dieses J wird 0 oder was dasselbe ist, dunkle Interferenzstreifen werden an allen jenen Stellen im Spectrum des analysirenden Prismas auftreten, für welche

$$(\mu_{,} - \mu_{,,}) D + (\mu'_{,} - \mu'_{,,}) D' = n' \lambda$$

ist, wobei n' jede beliebige ganze Zahl bedeuten kann. Je grösser dieses n' erhalten wird, desto mehr Streifen finden sich in einem bestimmten Intervall im Spectrum, desto näher sind diese Interferenzstreifen auch aneinander gerückt. Der Werth für n' ergibt sich nach einer kleinen Transformation durch folgende Relation:

$$n' = \frac{(\mu_{,} D + \mu'_{,} D') - (\mu_{,,} D + \mu'_{,,} D')}{\lambda}.$$

Bezeichnen wir mit $\mu_{,}$ und $\mu'_{,}$ die beiden grösseren Brechungsquotienten, mit $\mu_{,,}$ und $\mu'_{,,}$ die beiden kleineren, so ist ersichtlich n' grösser, die schwarzen Interferenzstreifen liegen also enger aneinander, als bei alleiniger Anwendung der feststehenden Platte, denn für dasselbe λ ist für diese

$$n = \frac{\mu_{,} D - \mu_{,,} D}{\lambda}.$$

Was die Schwärze der Interferenzstreifen anbelangt, so ergibt sich aus Gleichung (3), dass die dunklen Streifen dort, wo sie auftreten, vollkommen gleich schwarz sind.

Wir finden also enge aneinander liegende, jedoch vollkommen gleich schwarze, nahezu gleich weit von einander abstehende Interferenzstreifen im analysirenden Spectrum, wenn die drehbare Krystallplatte gegen die feste so gestellt ist, dass die Schwingungsrichtungen der beiden sich schneller fortpflanzenden, eben so wie jene der langsamer sich fortbewegenden Strahlen in beiden Platten parallel sind.

Ist $\alpha = 90^0$, dann ist die Stellung der zweiten Platte derart, dass die Schwingungsrichtungen des schnelleren Strahles der einen Platte parallel jener der langsameren der anderen Platte angeordnet ist. Wir finden in diesem Falle nach Gleichung (1)

Digitized by Google

$$J = a^2 \sin^2 \frac{\pi}{\lambda} [(\mu_{,} - \mu_{,,}) D - (\mu'_{,} - \mu'_{,,}) D']$$

und wie oben

$$n'' = \frac{(\mu_{,} D + \mu'_{,,} D') - (\mu_{,,} D + \mu'_{,} D')}{\lambda}.$$

Auch bei dieser Stellung der beiden Platten werden die Interferenzstreifen an allen jenen Stellen des Spectrums, an welchen sie überhaupt auftreten, vollkommen gleich dunkel sein, und, wenigstens nahezu, gleich weit von einander abstehen. Der Werth n'', der auch wieder jede ganze Zahl sein kann, ist aber ersichtlich für dieselbe Stelle des Spectrums, d. i. für dasselbe λ kleiner, nicht nur als n', sondern auch kleiner als n. Bei gekreuzter Stellung der beiden Krystallplatten werden also auch die Interferenzstreifen weiter von einander entfernt sein, als in den früher betrachteten Fällen.

Für $\alpha = 45^0$ endlich erhält man

$$J = a^2 \sin^2 \frac{\pi}{\lambda} (\mu_{,} - \mu_{,,}) D,$$

also auch

$$n = \frac{\mu_{,} D - \mu_{,,} D}{\lambda}.$$

Für diese Stellung der drehbaren Krystallplatte finden sich die Interferenzstreifen gerade so im Spectrum angeordnet, wie sie es bei alleiniger Anwendung der fixen Platte sind. Es ändert in diesem Falle die zweite Platte an der Erscheinung, welche die erste Platte liefert, nichts.

Für die parallele Stellung der beiden Nicole ergibt sich die Zahl und Lage aus den eben gefundenen Formeln für n, n' und n'', wenn man diesen Grössen den Werth von halben ungeraden Zahlen beilegt. Es erscheinen nämlich die dunklen Interferenzstreifen in diesem Falle an jenen Stellen, wo sich bei gekreuzten Nicolen Intensitätsmaxima finden. Es sind einfach diese Streifen um ihre halbe gegenseitige Entfernung verschoben.

Das Eintreten der vollkommen gleichen Schwärze aller Interferenzstreifen geschieht so zu sagen momentan, sowohl bei paralleler als auch bei gekreuzter Stellung der Nicole. Ein geringes Drehen der zweiten Krystallplatte bringt schon eine deutliche, gut merkbare Veränderung nicht nur in der Intensität, sondern auch in der Lage der dunklen Interferenzstreifen hervor. Man kann in Folge dessen das Verfahren sehr gut benützen, um die Lage der Hauptschwingungs-

Digitized by Google

richtungen einer Krystallplatte zu bestimmen. Ein dazu dienliches Instrument ist in Fig. 2 abgebildet und ganz ähnlich dem von v. Kobell

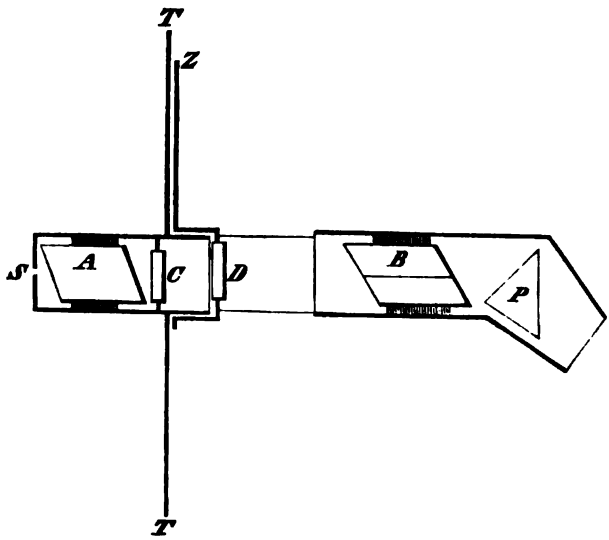


Fig. 2.

angegebenen Stauroskope eingerichtet. A und B sind zwei fixe Nicole oder auch irgend welche andere polarisirende Vorrichtungen in paralleler Stellung. Mit dem ersten Nicole ist eine zur optischen Axe parallel geschnittene Quarzplatte von 1 bis 2 Mm. Dicke fest verbunden, so zwar, dass die optische Axe derselben mit der Schwingungsrichtung des durch die Nicole gehenden Lichtes einen Winkel von 45° bildet. Wenn man das durch den ganzen Apparat gegangene Licht auf die Spalte eines Spectralapparates fallen lässt, so erscheinen in dem Spectrum desselben, in welcher Lage der Apparat vor der Spalte sich auch befinden mag, die bekannten verticalen schwarzen Interferenzstreifen der fixen Quarzplatte. Bringt man die zu untersuchende Krystallplatte, ganz eben so wie beim Stauroskope, auf eine drehbare mit einem Zeiger Z versehene Glasplatte D, so findet man beim Drehen bald eine Stellung des Zeigers Z, bei der man die Interferenzstreifen entweder in bedeutend grösserer oder in geringerer Zahl, jedoch eben so vollkommen gleich schwarz und die nächstliegenden gleichweit entfernt, ähnlich wie bei jenem, welche die Quarzplatte allein liefert. Es ist diese Stellung der Glas- und Krystallplatte jederzeit sehr genau zu finden, da, wie es oben schon angedeutet wurde, ein geringes Drehen der Platte schon eine sehr merkliche

Digitized by Google

Veränderung im Ansehen des Spectrums hervorruft. Bei dieser Stellung befindet sich die zu untersuchende Krystallplatte im Apparate so, dass ihre Hauptschwingungsrichtungen parallel und senkrecht zur optischen Axe der verwendeten fixen Quarzplatte sich befinden. Mittelst feiner Linien, welche auf der drehbaren Platte eingerissen und zur optischen Axe der Quarzplatte parallel sind, sobald der Zeiger Z am Nullpunkte der Theilung zu stehen kommt, kann man eine bestimmte Linie der Platte, z. B. eine natürliche Kante, parallel zur genannten optischen Axe stellen. Derjenige Winkel, um welchen man die Krystallplatte drehen muss, um scharfe Interferenzstreifen in grösserer oder geringerer Zahl, als bei alleiniger Anwendung der Quarzplatte, zu erhalten, gibt dann denjenigen Winkel, welchen eine Hauptschwingungsrichtung mit der genannten Linie der Platte bildet. Die zweite Hauptschwingungsrichtung steht auf der ersten senkrecht, ihre Lage ist also ebenfalls unmittelbar gegeben.

Ersichtlich ist jedes v. Kobell'sche Stauroskop leicht in ein solches Instrument umgewandelt, wenn nur die dort verwendete senkrecht auf die optische Axe geschnittene Calcitplatte durch eine parallel der optischen Axe geschnittene Quarz- oder auch Calcitplatte ersetzt wird. Man kann auch eine Spalte S vor dem Nicole A und ein kleines Prisma P hinter dem Nicole B anbringen. Die Beobachtung kann dann, ähnlich wie beim Mousson'schen Spectralapparate, mit freiem Auge geschehen.

Man ist mit diesem Instrumente nicht nur im Stande, die Lage der Hauptschwingungsrichtungen zu bestimmen, sondern es ergibt sich auch die Lage der Hauptschwingungsrichtung für den schneller wie für den langsamer durch die Krystallplatte gehenden Strahl unmittelbar. In der Quarzplatte C pflanzt sich der parallel zur optischen Axe schwingende ausserordentliche Strahl langsamer fort, wie der senkrecht zur optischen Axe schwingende ordentliche. Steht also die zu untersuchende Platte so, dass die sich durch sie langsamer fortpflanzenden Strahlen parallel zur optischen Axe der Quarzplatte schwingen, so werden die Interferenzstreifen am nächsten aneinander liegen, während sie bei einer Drehung um 90^0, wo die sich in der Krystallplatte schneller fortpflanzenden Strahlen der optischen Axe parallel schwingen, am weitesten auseinander gerückt sind. Umgekehrt wird man sagen können: Erscheinen die Interferenzstreifen am nächsten aneinander gerückt, so ist jene Hauptschwingungsrichtung der opti-

Digitized by Google

schen Axe der Quarzplatte parallel, welche den langsamer sich fortpflanzenden Strahlen zukommt, während bei grösserer Entfernung der Interferenzstreifen die Schwingungsrichtung der sich schneller fortpflanzenden Strahlen dieser optischen Axe parallel ist.

Es ist ersichtlich, dass man diesen Apparat auch zur Bestimmung des optischen Charakters der Krystalle benützen kann. Für rhomboëdrische und tetragonale Krystalle gelingt dies mit parallel zur optischen Axe geschnittenen Platten. Man stellt diese Platte so in den Apparat, dass ihre optische Axe parallel ist zu den eingerissenen Linien der Glasplatte und stellt den Zeiger auf 0 ein, dann ist auch ihre optische Axe parallel zur optischen Axe der fixen Quarzplatte. Sind die Interferenzstreifen näher aneinander gerückt als bei Anwendung der Quarzplatte allein, so hat man es mit einem optisch-positiven Krystall zu thun, sind sie hingegen weiter auseinander geschoben, so ist der Krystall optisch-negativ. Es gelingt diese Bestimmung sehr leicht und sie bietet eine einfache Controle dadurch, dass man die zu untersuchende Krystallplatte um 90° dreht. Im ersteren Falle werden sich die Interferenzstreifen weiter von einander entfernt zeigen, im letzteren Falle sich aber genähert haben. Der Unterschied in der Entfernung der Interferenzstreifen bei zwei solchen um 90° verschiedenen Stellungen der Krystallplatte, namentlich wenn dieselbe nicht gar zu dünn ist, ist ein so eclatanter, dass eine Irrung geradezu unmöglich ist. Es wird dies ersichtlich sein aus folgendem speciellen Falle. Wenn man eine eben so dicke Quarzplatte, wie jene feste, nimmt, so erhält man bei paralleler Stellung der beiden optischen Axen sehr naheliegende Streifen, die gerade ein halbmal so weit von einander abstehen, wie jene einer einzigen solchen, während bei gekreuzter Stellung der optischen Axen gar keine Interferenzstreifen auftreten, indem diese als unendlich weit von einander abstehend angesehen werden müssen. Das Spectrum wird hell erscheinen bei paralleler Stellung der Nicole, dunkel aber bei gekreuzter Stellung. Im Apparate sind eben die Nicole in paralleler Stellung, um bei allen vorkommenden Fällen das Spectrum hell zu haben. Handelt es sich um die Bestimmung des optischen Charakters von optisch zweiaxigen Krystallen, so hat man eine Platte senkrecht auf die erste Mittellinie zu schneiden. Ist die Ebene der optischen Axen des zu untersuchenden Krystalles im Apparate parallel zur optischen Axe der fixen Krystallplatte gestellt, so ist der Krystall optisch positiv, wenn die

Digitized by Google

Interferenzstreifen enger aneinander liegen, als nach einer Drehung der Krystallplatte um 90°. Diese Drehung gibt hier wieder unter Vergleichung der Streifenentfernung ohne Krystallplatte eine gute Controle. Liegen diese Streifen aber bei der ersten Stellung weiter auseinander wie bei der zweiten, so ist der Krystall optisch negativ. Diese Bestimmung gelingt auch eben so mit jeder senkrecht auf eine optische Elasticitätsaxe geschnittenen Platte, sobald man nur die Lage der ersten Mittellinie in derselben kennt.

Zur Bestimmung des optischen Charakters einer Substanz bedarf es nicht einmal eines eigenen solchen Apparates. Es kann hiezu jeder beliebige Spectralapparat dienen. Man hat vor die Spalte einen Nicol zu stellen, so dass das aus ihm austretende Licht unter 45° gegen diese Spalte schwingt. Vor dem Oculare des Beobachtungsfernrohres bringt man einen zweiten Nicol oder eine Turmalinplatte in paralleler oder gekreuzter Stellung gegen den ersten an. Die Collimatorlinse bedeckt man vollständig mit einer zur optischen Axe parallel geschnittenen Quarzplatte, so zwar, dass ihre optische Axe parallel der Spalte ist. Die zu untersuchende Krystallplatte kann man der Bequemlichkeit wegen mit der Hand vor der Objektivlinse des Fernrohres drehen, und so in die nöthigen Lagen bringen. Ich bemerke hier ausdrücklich, dass es nicht nothwendig ist, eine vollkommen planparallele Platte zur Untersuchung zu haben. Eine kleine Neigung ihrer Flächen schadet nichts. Man muss aber darauf Rücksicht nehmen, dass nur Licht, welches durch den Krystall gegangen ist, in das Fernrohr gelangt, und nicht auch solches, welches neben der Platte vorbei gegangen ist. Man wird gut thun, den Krystall auf steifem, dunklem Papier zu befestigen, in welchem keine grössere Oeffnung ist, als die Platte selber Ausdehnung besitzt. Die Krystallplatte kann eben so wie bei anderen Bestimmungen mit Canadabalsam zwischen Glasplättchen eingekittet sein.

Ich habe die Untersuchung in der Weise bei einer grossen Anzahl neuer Verbindungen durchgeführt und sehr bequem gefunden, namentlich bei rhomboëdrischen Substanzen mit schön ausgebildeten Prismenflächen, da es bei ihnen leicht ist, Platten parallel zur optischen Axe zu erhalten. Die erhaltenen Resultate kann ich jedoch aus anderen Gründen erst bei einer späteren Gelegenheit mittheilen. Zur Controle der Methode habe ich Versuche mit schon auf andere Weise untersuchten Substanzen, als Kalkspath, Topas, Arragonit,

Digitized by Google

Glimmer u. s. w. gemacht und die Resultate mit den schon bekannten Daten im vollkommenen Einklange gefunden.

Es versteht sich von selbst, dass man diesen Apparat auch anwenden kann, um die Dispersion der optischen Hauptschnitte für die verschiedenen Farben des Spectrums zu ermitteln. Man muss in einem solchen Falle die zu untersuchende Platte um verschiedene Winkel drehen, um die Interferenzstreifen an den verschiedenen Stellen des Spectrums vollkommen scharf zu erhalten.

Wir haben bis jetzt nur einige specielle Fälle jener Erscheinung näher betrachtet, welche eintritt, wenn wir die zweite Krystallplatte drehen. Im Allgemeinen ist die Erscheinung bei beliebigem Winkel α eine sehr complicirte, wie schon aus den Formeln (1) und (2) zu ersehen ist. Das eine ist jedoch aus diesen beiden Formeln ersichtlich, dass sie sich stets auf die Form

$$J_{''} = a^2 \, (\cos^2\beta + \cos^2\beta') \tag{4}$$

bringen lassen. In beiden Formeln ist nämlich das Quadrat des Productes dreier Grössen kleiner als die Einheit (Sinuse oder Cosinuse) auch kleiner als Eins, somit stets $= \cos^2\beta$ zu setzen. Die Quadrate

$$(\sin m \cos n + \cos m \sin n \cos 2\alpha)^2 \text{ und}$$
$$(\cos m \cos n - \sin m \sin n \cos 2\alpha)^2$$

sind ebenfalls stets kleiner als Eins, da sie in ihrer Form an gewisse Formeln der sphärischen Trigonometrie erinnern, welche selbst nur Grössen kleiner als Eins zu liefern haben. Wir können diese Quadrate also auch stets $= \cos^2\beta'$ setzen. Diese so modificirte Formel (4) ist aber ganz ähnlich gebaut wie eine, welche wir bei einer anderen Gelegenheit abgeleitet haben, und aus welcher sich ein Intensitätswechsel der Interferenzstreifen für verschiedene Stellen des Spectrums ergeben hat[1]). Der unmittelbare Anblick der Formeln für J und $J_{''}$ lässt also auch hier auf einen solchen Intensitätswechsel schliessen, und in der That wird dies, wie schon oben bemerkt wurde, durch den Versuch bestätiget. Man kann die Erscheinung sehr gut beobachten, wenn man als zweite Platte eine Gypsplatte, wie man sie leicht durch natürliche Spaltung erhält, etwa von der halben Dicke der angewendeten Quarzplatte verwendet. Bei dem Drehen der Gypsplatte findet ein rascher Wechsel der Erscheinung statt, da sowohl

1) Ueber die durch planparallele Krystallplatten hervorgerufenen Talbot'schen Interferenzstreifen. (Siehe die folgende Abhandlung. C.)

Digitized by Google

die Lage als auch die Intensität der Maxima und Minima wesentlich von dem Werthe von α abhängt. Keinesfalls ist aber die Erscheinung eine so einfache, wie jene der Talbot'schen Streifen.

Aus den Gleichungen (1) und (2) ergibt sich aber auch, dass es in beiden Fällen vollkommen schwarze Interferenzstreifen gibt, welche ihre Stellung beim Drehen der Platte nicht ändern, die wie festgebannt stehen, während die übrigen sich mehr oder minder in rascher Bewegung befinden. In Gleichung (1) ist dies der Fall, wenn sowohl $\sin m$ als auch $\sin n = 0$ ist. Die feststehenden Interferenzstreifen finden sich also an jenen Stellen, an welchen beide Platten, jede für sich, zwischen gekreuzten Nicolen dunkle Interferenzstreifen geben, wenn ihre Hauptschwingungsrichtungen unter 45^0 gegen jene der Nicole geneigt sind.

Ein solches Zusammentreffen kann möglicher Weise, muss aber bei gegebener Plattendicke nicht immer stattfinden. Nur dann, wenn eine der Platten gegenüber der anderen sehr dünn ist, wird ein solches auf alle Fälle anzunehmen gestattet sein, weil dann die dunklen Interferenzstreifen der dünneren Platte jedenfalls so breit sind, dass sie eine oder sogar mehrere solche der dicken überdecken.

An solchen Stellen und bei solchen Platten werden die Interferenzstreifen immer mit voller Schwärze unveränderlich auftreten. Anders ist es bei Stellen, wo für die dünnere Platte, die wir als die drehbare ansehen wollen, ein Intensitätsmaximum auftritt. Für solche Stellen ist $\sin n = 1$, und $\cos n = 0$. Da die Platte dünn ist, so wird dieses Intensitätsverhältniss offenbar für eine breitere Stelle des Spectrums gelten, jedenfalls so breit, als die Entfernung zweier dunkler Interferenzstreifen der dickeren. Führen wir die für diese Stellen geltenden Bedingungen in unsere Gleichung (1), so wird

$$J = a^2 (\cos^2 2\alpha \cos^2 m + \sin^2 2\alpha \sin^2 m)$$

$$= \frac{a^2}{2} [1 - (1 - 2\cos^2 2\alpha) \cos 2m]$$

die Intensität wird von dem Factor $\cos 2m$ unabhängig sein, wenn

$$1 - 2\cos^2 2\alpha = 0,$$

also

$$\alpha = 22^0 30' \text{ oder } \alpha = 67^0 30'$$

ist. An solchen Stellen wird also das Spectrum frei von dunklen Interferenzstreifen sein müssen. Der Versuch bestätigt auch hier wieder die Theorie. Dreht man z. B. ein ziemlich dünnes Gypsplätt-

Digitized by Google

chen von 0.1 bis 0.8 Mm. Dicke vor dem Objective des Fernrohres, nachdem man sich früher die oft berührten Interferenzstreifen mit der Quarzplatte erzeugt hat, so erhält man bei einer Drehung um 90^0 immer zwei Lagen des Gypsplättchens, bei welchen im Spectrum an gewissen Stellen die Interferenzstreifen ausbleiben, während sie an dazwischen liegenden scharf auftreten. Dreht man die Platte weiter, so treten die Interferenzstreifen wieder auf, und zeigen dabei an eben diesen Stellen eine rasche Beweglichkeit, indem sie sich entweder von dieser Stelle weg begeben, oder ihr zueilen. Die Aehnlichkeit, welche das Spectrum in diesen Fällen zeigt, mit jenen der Talbot'schen Streifen unter Anwendung planparalleler Krystallplatten bei unpolarisirtem Lichte ist eine frappante.

Bei paralleler Nicolstellung bleiben die Interferenzstreifen feststehend an jenen Stellen, für welche $\cos m = 0$ und $\sin n = 0$ ist, dort also, wo die fixe Krystallplatte bei parallelen Nicolen dunkle Minima, die dünne aber helle Maxima zeigt. Ist die drehbare Platte wieder sehr dünn gegenüber der fixen Quarzplatte, so tritt eine den Talbot'schen Streifen ähnliche Erscheinung wieder dort ein, wo $\alpha = 22^0\,30'$ und $= 67^0\,30'$ ist. Für jene Stelle, wo die dünne Platte zwischen parallelen Nicolen dunkle Stellen hat, ist $\cos n = 0$ und $\sin n = 1$. Dieses in Gleichung (2) gesetzt, erhält ähnlich wie früher

$$J_1 = a^2 (\cos^2 2\alpha \sin^2 m + \sin^2 2\alpha \cos^2 m) = \frac{a^2}{2} [1 + (1 - \cos^2 2\alpha) \cos 2m],$$

woraus eben so wie oben α sich bestimmen lässt.

Digitized by Google

Ueber die durch planparallele Krystallplatten hervorgerufenen Talbot'schen Interferenzstreifen.

Von

L. Ditscheiner.

(Hiezu Tafel XV und XVI.)

(Wiener Sitzungsberichte LVII. Band, IV. Heft.)

Wenn man zwischen Spalte und Beobachtungsfernrohr eines Spectralapparates irgend wo eine planparallele Platte eines einfach brechenden Mediums von der rothen Seite des Spectrums gegen das violette Ende desselben so einschiebt, dass ein Theil der aus dem Collimator austretenden, sich in einem Punkte hinter der Objectivlinse des Fernrohres wieder vereinigenden Strahlen durch die Platte selbst, ein anderer Theil aber nur neben der Platte durch Luft, oder überhaupt durch ein Medium mit kleineren Brechungsquotienten bewegt, so erscheinen in dem analysirenden Spectrum, wie wir es nennen wollen, eine Reihe verticaler Inteferenzstreifen, welche unter dem Namen der Talbot'schen bekannt sind und welche nahezu in gleichen Intervallen im Spectrum einander folgen. Das ganze Spectrum ist gleichmässig von diesen Interferenzstreifen durchzogen, an keiner Stelle desselben können sie als ausgeblieben betrachtet werden. Die Erscheinung stellt sich auf ganz dieselbe Weise dar, ob man polarisirtes Licht oder ob man unpolarisirtes anwendet. Bezeichnen wir die Dicke der Platte mit D, einen ihrer Brechungsquotienten mit μ und die ihm entsprechende Wellenlänge mit λ, so treten bekanntlich solche schwarze Interferenzstreifen als Intensitätsminima für alle jene Strahlen auf, für welche

$$(\mu-1)\,D = \frac{2n+1}{2}\lambda,$$

wobei n jede beliebige ganze Zahl bedeuten kann. Für jene Strahlen, für welche

$$(\mu-1)\;D = n\lambda$$

treten bekanntlich Intensitätsmaxima auf, die ihnen entsprechenden

Digitized by Google

Stellen des analysirenden Spectrums sind am intensivsten beleuchtet. Zwischen den genannten Stellen findet ein continuirlicher Uebergang von Licht zu Dunkel statt.

Ganz anders aber stellt sich die Erscheinung dar, wenn man statt einer einfach brechenden Platte eine doppeltbrechende zur Erzeugung der Talbot'schen Interferenzstreifen benützt. Zu diesen Versuchen eignen sich ganz vorzüglich Gypsplatten, die man sich leicht in beliebiger Dicke durch Spalten eines natürlichen Krystalles erzeugen kann. Wenn man unpolarisirtes Licht anwendet, so sieht man allerdings bei eingeschobener Gypsplatte im Spectrum den Talbot'schen ganz ähnlich auftretende Streifen, aber diese sind nicht wie jene an allen Stellen des Spectrums gleich dunkel. An gewissen Stellen treten sie mit bedeutender Schärfe und Schwärze auf, aber schon etwas weiter von diesen werden sie schwächer und an gewissen Stellen, die ganz gleichmässig mit den Stellen mit scharfen Interferenzstreifen wechseln, scheinen sie gänzlich zu fehlen, dort sind sie ausgeblieben. Das analysirende Spectrum erhält durch diesen Wechsel ein ganz eigenthümliches Ansehen. Bei Anwendung von circularpolarisirtem Licht ergibt sich die Erscheinung wie bei unpolarisirtem. Wenn man statt unpolarisirtem Lichte linearpolarisirtes anwendet, so erscheinen bei zwei aufeinander senkrechten Stellungen der polarisirenden Vorrichtung diese Talbot'schen Streifen durch das ganze Spectrum mit gleicher Schärfe und Schwärze, dreht man aber diese Vorrichtung aus einer dieser beiden Stellungen heraus, so verschieben sich nicht nur diese Interferenzstreifen, wenn auch nur wenig und in den seltensten Fällen ganz besonders auffallend, sondern sie werden auch an gewissen Stellen immer schwächer, bis sie endlich an eben diesen Stellen nach einer Drehung von 45° gänzlich verschwunden scheinen. Es sieht dann das Spectrum ganz so aus, wie bei Anwendung von unpolarisirtem Lichte. Dreht man nun noch weiter, so erscheinen auch die Interferenzstreifen wieder an jenen Stellen deutlicher und deutlicher, bis sie nach abermaligem Drehen um 45° wieder an allen Stellen des Spectrums gleich scharf und schwarz auftreten. Die Zahl der Interferenzstreifen wird aber in diesem Falle bald eine grössere, bald eine geringere sein, wie bei der Ausgangsstellung des Nicols. Je dicker eine solche Gypsplatte, desto näher werden diese Interferenzstreifen im Spectrum sich bei gleichzeitig grösserer Zahl derselben sein. Bei Anwendung von unpolarisirtem Lichte wird bei dickeren Platten ein

Digitized by Google

rascherer Wechsel von Stellen mit scharfen und schwarzen Interferenzstreifen mit scheinbar streifenfreien Stellen eintreten, es werden sich diese Stellen näher gerückt sein; die Zahl der Interferenzstreifen, welche zwischen zwei nächstgelegenen streifenfreien Stellen liegen, wird aber nicht geändert sein, sie bleibt dieselbe, ob man dicke oder dünne Platten anwendet und wechselt nur von Substanz zu Substanz.

Um zur Theorie dieser Erscheinung gelangen zu können, wollen wir eine doppeltbrechende Platte von der Dicke D voraussetzen. Senkrecht auf die Begrenzungsebenen der Platte bewegen sich durch diese zwei senkrecht zu einander polarisirte Strahlen von einer bestimmten Farbe, der Oscillationsdauer τ entsprechend, mit den Geschwindigkeiten $v_,$ und $v_{,,}$. Diesen Geschwindigkeiten entsprechend seien die Brechungsquotienten $\mu_,$ und $\mu_{,,}$. In Fig. 1 Taf. XV sei nun MNP die die Hälfte der Collimatorlinse bedeckende Krystallplatte, O die Projection eines durch die Platte gehenden, O' dieselbe eines neben der Platte durch Luft gehenden Strahles. Das auf die Platte auffallende, also auch das neben der Platte vorbeigehende Licht sei linear polarisirt und die Schwingungen desselben sollen parallel der Linie OA stattfinden. Der auf die Platte auffallende, linear polarisirte Lichtstrahl zerlegt sich bei seinem Durchgange durch die Platte in zwei Strahlen. Die auf einander senkrecht stehenden Schwingungsrichtungen derselben seien Ox und Oy, deren Geschwindigkeiten $v_,$ und $v_{,,}$. Der Winkel AOx sei gleich α. Ist der Ausschlag des Aethertheilchens an der ersten Trennungsfläche für den auffallenden Strahl gegeben durch

$$\sigma = a \sin \frac{2\pi}{\lambda} . vt,$$

so sind die auf einander senkrechten Ausschläge eines Aethertheilchens an der zweiten Trennungsfläche, also auch für die austretenden Strahlen

$$\xi_1 = a \cos \alpha \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - \mu_, D)$$

$$\eta_1 = a \sin \alpha \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - \mu_{,,} D).$$

Den neben der Platte vorbeigehenden durch O' repräsentirten linearpolarisirten Strahl können wir uns ebenfalls in zwei senkrecht auf einander polarisirte parallel Ox und Oy schwingende Strahlen zerlegt denken. Die Geschwindigkeit dieser beiden Strahlen ist eben so wie jene des Zerlegten $= v$. Der Ausschlag jenes Aethertheilchens, welches im Strahle O' und in der verlängerten ersten Trennungsfläche

Digitized by Google

liegt, findet parallel zu OA statt und ist ebenfalls wie oben σ. Das diesem Strahle O' angehörige, aber in der verlängerten zweiten Trennungsfläche liegende Aethertheilchen macht nach Zerlegung in zwei aufeinander senkrechte, zu Ox und Oy parallelen Richtungen, folgende Ausschläge:

$$\xi'_1 = a \cos\alpha \sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt - D)$$

$$\eta'_1 = a \sin\alpha \sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt - D)$$

Von dieser zweiten Trennungsfläche an bewegen sich sämmtliche Strahlen durch Luft und vereinigen sich in einem Puncte hinter der Objectivlinse des Fernrohres. Bezeichnen wir die Entfernung dieses Vereinigungspunctes von der zweiten Trennungsfläche mit ζ, so wird das Aethertheilchen, welches in diesem Vereinigungspuncte liegt, da keiner der Strahlen mehr gegenüber den andern einen Gangunterschied erfahren hat, folgende Ausschläge gleichzeitig zu machen gezwungen:

$$\xi = a \cos\alpha \sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt - \mu, D - \zeta)$$

$$\eta = a \sin\alpha \sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt - \mu_{,,} D - \zeta)$$

$$\xi' = a \cos\alpha \sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt - D - \zeta)$$

$$\eta' = a \sin\alpha \sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt - D - \zeta).$$

Die Ausschläge ξ und ξ'_1 sowie jene η und η' haben die gleiche Richtung, wir können statt ihnen je einen X und Y substituiren. Diese sind

$$X = a \cos\alpha \left[\sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt - \mu, D - \zeta) + \sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt - D - \zeta)\right]$$

$$= 2a \cos\alpha \cos\frac{\pi}{\lambda}(\mu, - 1)\, D . \sin\frac{2\pi}{\lambda}\left(vt - \frac{\mu, + 1}{2} \cdot D - \zeta\right)$$

und

$$Y = a \sin\alpha \left[\sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt - \mu_{,,} D - \zeta) + \sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt - D - \zeta)\right]$$

$$= 2a \sin\alpha \cos\frac{\pi}{\lambda}(\mu_{,,} - 1)\, D . \sin\frac{2\pi}{\lambda}\left(vt - \frac{\mu_{,,} + 1}{2} . D - \zeta\right).$$

Die Ausschläge X und Y können wir als jene eines einzigen elliptisch polarisirten Strahles betrachten. Die Intensität dieses elliptisch polarisirten Strahles ist offenbar, da die Ausschläge X und Y auf einander senkrecht stehen

Digitized by Google

$$J' = 4a^2 \cos^2\alpha \cos^2 \frac{\pi}{\lambda} (\mu_{,} - 1) D + 4a^2 \sin^2\alpha \cos^2 \frac{\pi}{\lambda} (\mu_{,,} - 1) D.$$

Für den speciellen Fall, dass die Schwingungsrichtung OA mit Ox zusammenfällt, wird offenbar $\alpha = 0$, somit

$$J'_{,} = 4a^2 \cos^2 \frac{\pi}{\lambda} (\mu_{,} - 1) D.$$

Es ergibt sich aus dieser Gleichung, dass die Intensitätsmaxima und Minima an allen jenen Stellen mit gleicher Stärke auftreten werden, wo sie sich bei einer einfach brechenden Platte von derselben Dicke und den Brechungsquotienten $\mu_{,}$ finden. Fällt aber die Schwingungsrichtung mit der Oy zusammen, dann wird $\alpha = 90^0$, also

$$J'_{,,} = 4a^2 \cos^2 \frac{\pi}{\lambda} (\mu_{,,} - 1) D.$$

Die ganze Erscheinung stellt sich dann eben so dar, wie jene einer gleich dicken, einfach brechenden Platte mit dem Brechungsquotienten $\mu_{,,}$. Es sind dies die beiden aufeinander senkrechten Stellungen des polarisirenden Nicols, auf welche schon oben aufmerksam gemacht wurde.

Aus der für J' gefundenen Gleichung ist ohne weiteres ersichtlich, dass die Intensität an einer bestimmten Stelle des Spectrums abhängig ist von dem Werthe α und dass sich diese Intensität um so mehr jenen von $J'_{,}$ oder $J'_{,,}$ nähert, je näher α dem Werthe 0 oder 90^0 liegt. Nur an jenen Stellen, an welchen gleichzeitig $\cos \frac{\pi}{\lambda} (\mu_{,} - 1) D$ und $\cos \frac{\pi}{\lambda} (\mu_{,,} - 1) D = 0$ sind, bleibt die Intensität fortwährend $= 0$, dort kommen nämlich zwei Minima, eines dem Werthe $J'_{,}$, das zweite $J'_{,,}$ entsprechend, zur Deckung. In eine weitere Discussion dieser Intensitätsformel wollen wir aber hier, ihrer Complicirtheit wegen, nicht eingehen, um so mehr, da wir die wichtigsten Resultate auf eine einfachere Art erlangen können. Wenn wir nämlich die Intensitätscurve für $J'_{,}$ für das ganze Spectrum etwa so construiren, dass die Intensität als Ordinaten, der Werth $\frac{\pi}{\lambda} (\mu_{,} - 1) D$ aber als Abscisse erscheint, wobei wir voraussetzen, was wohl nicht in aller Strenge als richtig angenommen werden kann, dass der Werth $\frac{\pi (\mu_{,} - 1) D}{\lambda}$ sich ganz gleichmässig im Spectrum des analysirenden Prismas ändert und dass

Digitized by Google

die Intensität an allen Stellen des Spectrums, welche Maxima entsprechen, gleich gross sei, so erhalten wir als Gleichung dieser Intensitätscurve

$$y = 4a^2 \cos^2 x.$$

Diese Gleichung stellt eine Curve dar, die eine ganz ähnliche Wellenlinie bildet wie jene, welche man für die Ausschläge der verschiedenen Aethertheilchen eines Lichtstrahles für einen bestimmten Zeitmoment erhält. Diese letztere Curve ist bekanntlich eine Sinusoïde von der Form

$$y = a \sin x.$$

Beide Curven unterscheiden sich aber vornehmlich darin, dass für die Puncte eines Maximums oder Minimums der Krümmungsradius unter sonst gleichen Verhältnissen für die Intensitätscurve kleiner ist wie für die Sinusoïde. In Fig. 2 (Taf. XV) ist die Intensitätscurve für $J'_{,}$ bestimmt. Fig. 3 stellt die Intensitätscurve für dasselbe analysirende Spectrum für $J'_{,,}$ dar, wobei vorausgesetzt ist, dass $\mu_{,,} > \mu_{,}$ ist. Es kommen also auf ein gleiches Stück der Abscissenaxe für die zweite Curve mehr Maxima und Minima wie für die erste, da ja im zweiten Falle auch die Talbot'schen Streifen in kürzeren Intervallen einander folgen. Fig. 4 stellt die Intensitätscurve für den Fall vor, dass $\alpha = 30^0$ ist. Die Curve 1. 2. 3... entspricht dem ersten Theile der Gleichung für J', während die Curve $1'\,2'\,3'$... ihrem zweiten Gliede entspricht. Die Summe der Ordinaten dieser beiden Curven gibt offenbar die Ordinate der Intensitätscurve für J' bei gleicher Abscisse. Man kann aus dieser Zeichnung ersehen, dass die Intensitätsmaxima und Minima, welche in den Fig. 2 und 3 für die Componenten, dort wo sie aufgetreten sind, überall gleich gross waren, allerdings dort, wo zwei Minima der Componenten zusammenfallen, auch hier noch dieselbe Grösse haben, dass sie aber, je mehr man sich von diesen Stellen gegen die Mitte bewegt, um so mehr von diesem Werthe abweichen. In der Mitte selbst, wo ein Maximum der einen auf ein Minimum der andern Componente fällt, nähern sich die Werthe der Maxima und Minima für J' am meisten. Die dunklen Interferenzstreifen werden also dort am schärfsten und schwärzesten sein, wo zwei Minima der Componenten entweder ganz zusammenfallen, wie dies in unseren Zeichnungen vorausgesetzt wurde, oder wenigstens nahezu zusammenfallen. Sie verlieren aber an Schwärze und Schärfe, je mehr man sich von diesen Stellen entfernt und scheinen in der Mitte, wo der Contrast zwischen Maximum und Minimum

Digitized by Google

ein geringer ist, um so mehr ausgeblieben, je näher $\alpha = 45^0$ wird. Die Fig. 4 ergibt auch, dass die Lage der Intensitätsmaxima und Minima sich bei der Drehung des Nicols geändert hat. Die Maxima I, II, III..., also auch die Minima der resultirenden Intensitätscurve entfernen sich von jenen in Fig. 2 um so mehr und nähern sich desto mehr jenen der Fig. 3, ein je grösserer Werth dem α zukommt. Fig. 5 stellt die Intensitätscurve für den Fall dar, dass $\alpha = 45^0$ ist. Aus unserer obigen Formel ergibt sich für diesen speciellen Fall

$$J' = 2a^2 \left[\cos^2 \frac{\pi}{\lambda} (\mu_, - 1) D + \cos^2 \frac{\pi}{\lambda} (\mu_{,,} - 1) D\right].$$

In der Mitte bei C haben hier die Maxima und Minima nahezu denselben Werth, die Intensitätsstreifen erscheinen im Spectrum also nahezu verschwunden. Der Werth der Maxima und Minima wird eine beträchtliche Differenz nur bei A und B zeigen. Wenn man diese Erscheinung in Wirklichkeit ansieht, so wird namentlich dann, wenn die Entfernung AB beträchtlich wird oder wenn, was dasselbe ist, zwischen A und B viele Maxima liegen, in der Mitte eine, vielen Streifenintervallen gleiche Breite fast vollkommen streifenfrei erscheinen. Es ist bei diesen Zeichnungen angenommen worden, dass von den Componenten die Minima bei A und B sich gegenseitig decken. Es ist aber auch möglich, dass dieses Zusammenfallen für die Intensitätsmaxima eintritt. Die Erscheinung selbst erleidet aber durch diese kleine Modification keine wesentliche Veränderung, wie aus Fig. 6 Taf. XVI, die für diesen Fall construirt ist, sich ergibt. Darauf, in wie ferne sich diese beiden Erscheinungen unterscheiden, werden wir noch weiter unten zurückkommen.

Da wir das circularpolarisirte Licht als aus zwei senkrecht zu einander linearpolarisirten Strahlen von gleicher Amplitude mit einem Gangunterschiede von $\frac{1}{4}\lambda$ oder $\frac{3}{4}\lambda$ betrachten können, so erhalten wir offenbar

$$\xi = a \sin \frac{2\pi}{\lambda} \left(vt - \mu, D \pm \frac{\lambda}{4}\right)$$

$$\eta = a \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - \mu_{,,} D)$$

$$\xi' = a \sin \frac{2\pi}{\lambda} \left(vt - D \pm \frac{\lambda}{4}\right)$$

$$\eta' = a \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vt - D).$$

Digitized by Google

Aus diesen Werthen ergibt sich

$$X = a \cos \frac{\pi}{\lambda} (\mu_{,} - 1) D . \sin \frac{2\pi}{\lambda} \left(vt - \frac{\mu_{,} + 1}{2} D - \zeta \pm \frac{\lambda}{4} \right)$$

$$Y = a \cos \frac{\pi}{\lambda} (\mu_{,,} - 1) D . \sin \frac{2\pi}{\lambda} \left(vt - \frac{\mu_{,,} + 1}{2} D - \zeta \right).$$

Beide Componenten entsprechen einem elliptisch polarisirten Strahle, dessen Intensität ist

$$J = a^2 \left\{ \cos^2 \frac{\pi}{\lambda} (\mu_{,} - 1) D + \cos^2 \frac{\pi}{\lambda} (\mu_{,,} - 1) D \right\}.$$

Bezüglich ihrer Maxima und Minima ist diese Gleichung, wie wir schon oben bemerkt, mit der unten für das unpolarisirte Licht erhaltenen identisch.

Wir gehen nun unmittelbar zur Erscheinung über, wie sie sich bei Anwendung von unpolarisirtem Lichte ergibt. Wir nehmen dabei an, dass das unpolarisirte Licht sich durch geradlinige Schwingungen der Aethertheilchen, aber mit continuirlich wechselnder Schwingungsrichtung charakterisirt. Jedoch soll eine und dieselbe Schwingungsrichtung wenigstens so lange festgehalten werden, als das Licht zum Durchlaufen der Strecke D braucht. Wir können dies um so mehr, als diese Thatsache, durch die Untersuchungen von Stefan, als festgestellt angesehen werden kann. Schwingt das unpolarisirte Licht beim Auffallen auf die erste Trennungsfläche zur Zeit t so, dass die Schwingungsrichtung AO mit der Ox Fig. 1 Taf. XV den Winkel α bildet, so wird zur Zeit t die Intensität sein

$$J = 4a^2 \cos^2 \alpha \cos^2 \frac{\pi}{\lambda} (\mu_{,} - 1) D + 4a^2 \sin^2 \alpha \cos^2 \frac{\pi}{\lambda} (\mu_{,,} - 1) D.$$

Hält diese Schwingung durch das Zeitelement dt an, so erhalten wir

$$dJ = 4a^2 \cos^2 \frac{\pi}{\lambda} (\mu_{,} - 1) D \cos^2 \alpha . dt + 4a^2 \cos^2 \frac{\pi}{\lambda} (\mu_{,,} - 1) D \sin^2 \alpha . dt.$$

Nehmen wir ferner an, die Schwingungsrichtung des unpolarisirten Lichtes drehe sich gleichmässig in demselben Sinne so, dass in der Zeit Θ der ganze Kreis durchlaufen wird, dann besteht offenbar die Proportion

$$t : \Theta = \alpha : 2\pi,$$

es kann somit statt α der Werth $\frac{2\pi t}{\Theta}$ gesetzt werden. Die Intensität während einer ganzen Umdrehung ergibt sich also nach der Formel

Digitized by Google

$$J = 4a^2 \cos^2 \frac{\pi}{\lambda}(\mu_{,} - 1) D . \int_0^{\Theta} \cos^2 \frac{2\pi t}{\Theta} dt$$

$$+ 4a^2 \cos^2 \frac{\pi}{\lambda}(\mu_{,,} - 1) D . \int_0^{\Theta} \sin^2 \frac{2\pi t}{\Theta} dt.$$

Der Werth der hier vorkommenden Integrale ist aber bekanntlich

$$\int_0^{\Theta} \cos^2 \frac{2\pi t}{\Theta} dt = \int_0^{\Theta} \sin^2 \frac{2\pi t}{\Theta} dt = \frac{\Theta}{2}.$$

Es ergibt sich somit auch die Intensität bei Anwendung von unpolarisirtem Lichte

$$J = 4a^2 \frac{\Theta}{2}\left[\cos^2 \frac{\pi}{\lambda}(\mu_{,} - 1) D + \cos^2 \frac{\pi}{\lambda}(\mu_{,,} - 1) D\right].$$

Den Werth von Θ für die Umdrehungszeit der Schwingungsrichtung des unpolarisirten Lichtes können wir leicht aus dieser Formel hinwegschaffen. Denken wir uns nämlich die Krystallplatte von der Collimatorlinse entfernt, so erscheint das ganze Spectrum continuirlich. Wir finden die Intensität für irgend eine Stelle desselben, wenn wir in unserer Gleichung für J setzen $\mu_{,} = \mu_{,,} = 1$. Bezeichnen wir diese Intensität mit i, so ist

$$i = 4a^2\Theta \text{ oder } \Theta = \frac{i}{4a^2}.$$

Unsere gesuchte Intensität J nimmt dann die Form an

$$J = \frac{i}{2}\left[\cos^2 \frac{\pi}{\lambda}(\mu_{,} - 1) D + \cos^2 \frac{\pi}{\lambda}(\mu_{,,} - 1) D\right].$$

Aus dieser Relation ergibt sich sogleich, indem wir sie mit einer oben gefundenen vergleichen, dass die Erscheinung bei Anwendung von unpolarisirtem Lichte sich gerade so darstellt, wie bei Anwendung von linearpolarisirtem Lichte, dessen Schwingungsrichtung unter 45° gegen die Schwingungsrichtung der die Krystallplatte durchziehenden Strahlen geneigt ist.

Um jedoch diese Gleichung näher betrachten zu können, wollen wir ihr eine bequemere Form geben. Wir ersetzen nämlich die Cosinusquadrate durch die Cosinuse der doppelten Winkel und entwickeln die dadurch erhaltene Summe zweier Cosinuse in ein Product zweier solcher. Man erhält dadurch

$$J = \frac{i}{2}\left[1 + \cos \frac{\pi}{\lambda}(\mu_{,,} - \mu_{,}) D . \cos \frac{2\pi}{\lambda}\left(\frac{\mu_{,,} + \mu_{,}}{2} - 1\right) D\right]$$

Digitized by Google

Aus dieser Gleichung folgt ersichtlich, dass J ein Minimum wird, so oft das Product $\cos\frac{\pi}{\lambda}(\mu_{,,}-\mu_{,})D.\ \cos\frac{2\pi}{\lambda}\left(\frac{\mu_{,,}+\mu_{,}}{2}-1\right)D$ einen grössten negativen und dass J ein Maximum wird, so oft dasselbe Product einen grössten positiven Werth bekommt. Die Maxima und Minima werden ganz besonders durch den zweiten Factor geliefert werden, wenn der Werth des ersten Factors nur sehr wenig sich ändert. Dieses letztere tritt aber namentlich ein, wenn $\frac{\pi}{\lambda}(\mu_{,,}-\mu_{,})D=0$ oder ein Vielfaches von π ist.

Nehmen wir also an, es sei

$$\cos\frac{\pi}{\lambda}(\mu_{,,}-\mu_{,})D=+1, \tag{1}$$

welches immer eintritt, so oft

$$(\mu_{,,}-\mu_{,})D=n\lambda$$

ist, in welcher Relation n jede gerade ganze Zahl, die Nulle eingeschlossen, sein kann. Die durch das zweite Glied bestimmten Intensitätsminima treten dann auf für

$$\cos\frac{2\pi}{\lambda}\left(\frac{\mu_{,,}+\mu_{,}}{2}-1\right)D=-1,$$

also auch immer so oft

$$\left(\frac{\mu_{,,}+\mu_{,}}{2}-1\right)D=\frac{2n+1}{2}\lambda.$$

In dieser Formel kann statt n jede ganze Zahl substituirt werden. Die Intensitätsmaxima hingegen treten auf, sobald

$$\cos\frac{2\pi}{\lambda}\left(\frac{\mu_{,,}+\mu_{,}}{2}-1\right)D=+1,$$

so oft also

$$\left(\frac{\mu_{,,}+\mu_{,}}{2}-1\right)D=n\lambda$$

wird, wobei unter n abermals jede ganze Zahl verstanden werden kann.

Es kann aber auch

$$\cos\frac{\pi}{\lambda}(\mu_{,,}-\mu_{,})D=-1 \tag{2}$$

sein. Dann muss

$$(\mu_{,,}-\mu_{,})D=n\lambda$$

sein, ähnlich wie oben, es kann aber hier n nur jede ungerade ganze Zahl bedeuten. Für solche Stellen unseres Spectrums ergeben sich wieder aus dem zweiten Gliede die Minima für

Digitized by Google

$$\cos\frac{2\pi}{\lambda}\left(\frac{\mu_{,,}+\mu_{,}}{2}-1\right)D=+1.$$

d. i. für

$$\left(\frac{\mu_{,,}+\mu_{,}}{2}-1\right)D=n\lambda,$$

während sich die Maxima ergeben für

$$\cos\frac{2\pi}{\lambda}\left(\frac{\mu_{,,}+\mu_{,}}{2}-1\right)D=-1$$

oder für

$$\left(\frac{\mu_{,,}+\mu_{,}}{2}-1\right)D=\frac{2n+1}{2}\lambda,$$

in welchen beiden Formeln wir wieder statt n jede ganze Zahl setzen können.

Durch diese Formeln wird das Auftreten der Maxima und Minima nicht nur an jenen Stellen bestimmt, für welche $\cos\frac{\pi}{\lambda}(\mu_{,,}+\mu_{,})D=\pm 1$ ist, sondern es erstreckt sich dieses Gesetz auch auf Stellen, die von den bezeichneten ziemlich weit entfernt sind. Nur an jenen Stellen, für welche $\cos\frac{\pi}{\lambda}(\mu_{,,}-\mu_{,})D=0$ ist, erleidet die Lage der Maxima und Minima gegenüber der eben bezeichneten eine kleine Modification. Das Wachsen von $\frac{\pi}{\lambda}(\mu_{,,}-\mu_{,})D$ ist nämlich gegenüber den rapiden Aenderungen von $\frac{2\pi}{\lambda}\left(\frac{\mu_{,,}+\mu_{,}}{2}-1\right)D$ beinahe in allen Fällen zu vernachlässigen.

Die eben gewonnenen Resultate können wir uns auf folgende Art leicht versinnlichen. Wenn wir nämlich dieselbe Krystallplatte, welche wir zur Erzeugung der Talbot'schen Streifen benützten, zwischen zwei gekreuzte Nicole bringen, so dass die Schwingungsrichtungen der Nicole mit den Hauptschwingungsrichtungen Ox und Oy der Krystallplatte einen Winkel von 45^0 bilden und wir lassen das aus dem zweiten Nicol austretende Licht auf die Spalte des Spectralapparates fallen und analysiren so dasselbe durch ein Prisma, so erscheinen in dem Spectrum die bekannten dunklen Streifen. Man kann den Versuch auch auf folgende Art machen. Man lässt das Licht, bevor es auf die Spalte des Spectralapparates fällt, durch einen Nicol gehen. Aus dem Collimator tritt sonach linearpolarisirtes Licht aus, welches man nun durch die irgendwo zwischen Spalte und Fernrohr eingeschobene Krystall-

Digitized by Google

platte gehen lässt. Die Krystallplatte muss jedoch so gestellt sein, dass ihre Hauptschwingungsrichtungen mit der Schwingungsrichtung des austretenden linearpolarisirten Lichtes einen Winkel von 45° bilden. Durch einen zweiten, gegen den ersten gekreuzten Nicol, den man etwa am Oculare des Beobachtungsfernrohres anbringt, kann man nun das Spectrum betrachten. Es erscheinen in demselben dunkle, meist weit abstehende Interferenzstreifen. Diese Streifen entstehen bekanntlich an jenen Stellen, für welche, unter n jede ganze Zahl verstanden,

$$(\mu_{,,} - \mu_{,}) D = n\lambda$$

ist. Abwechselnd kommt diesen Streifen ein gerader und ein ungerader Werth von n zu. Diese Streifen charakterisiren also jene Stellen, die wir vorne unter (1) und (2) besonders hervorgehoben haben. Es ergibt sich sonach aus diesen Betrachtungen die physikalische Bedeutung des ersten Factors vom zweiten Gliede unserer Intensitätsformel.

Die Bedeutung des zweiten Factors ergibt sich aus folgender Betrachtung. Denken wir uns eine einfach brechende Platte, von derselben Dicke wie unsere Krystallplatte, deren Brechungsquotient $\frac{\mu_{,,} + \mu_{,}}{2}$, d. i. das arithmetische Mittel aus den beiden Brechungsquotienten der Krystallplatte, ist, so vor die Collimatorlinse gestellt, dass wir ihre Talbot'schen Streifen erhalten, so ergeben sich die ihnen entsprechenden Minima nach der Formel

$$\left(\frac{\mu_{,,} + \mu_{,}}{2} - 1\right) D = \frac{2n+1}{2} \lambda,$$

die Maxima aber werden eintreten bei allen Stellen des Spectrums, für welche

$$\left(\frac{\mu_{,,} + \mu_{,}}{2} - 1\right) D = n\lambda$$

ist, wo in beiden Fällen wieder statt n jede ganze Zahl gesetzt werden kann.

Bringen wir die eben gefundenen Resultate mit den obigen in Zusammenhang, so ergibt sich für das Auftreten der Maxima und Minima bei eingeschobener Krystallplatte folgende Regel: An denjenigen Stellen, welche bei gekreuzten Nicolen und gehörig eingeschobener Krystallplatte dunklen Interferenzstreifen mit einem Gangunterschiede von einer geraden Anzahl Wellenlängen entsprechen, finden sich für dieselbe Krystallplatte die schwarz und scharf auftretenden Tal-

Digitized by Google

bot'schen Streifen an eben denselben Stellen, wo sie sich für eine einfach brechende Platte von derselben Dicke und einem mittleren Brechungsquotienten $\frac{\mu_{,,}+\mu_{,}}{2}$ finden; an jenen Stellen aber, wo für die Interferenzstreifen zwischen gekreuzten Nicolen sich ein Gangunterschied von einer ungeraden Anzahl von Wellenlängen ergibt, erscheinen die Talbot'schen Interferenzstreifen an den Stellen der Intensitätsmaxima der bezeichneten einfach brechenden Platte. Gegenüber diesen Talbot'schen Streifen erscheinen also jene unserer Krystallplatte um das halbe Intervall zwischen zwei solchen Streifen verschoben. In der Mitte zwischen je zwei dunklen Interferenzstreifen bei gekreuzten Nicolen liegen jene Stellen, an welchen die Talbot'schen Streifen auszubleiben scheinen.

Dass die Talbot'schen Streifen einer solchen Krystallplatte wirklich dort auftreten, und zwar am schärfsten und schwärzesten, wo bei gekreuzten Nicolen dunkle Interferenzstreifen im Spectrum sich zeigen, lässt sich leicht durch einen Versuch nachweisen. Lässt man nämlich linearpolarisirtes Licht auf die Spalte fallen und dasselbe sodann zum Theil durch die Platte, deren Hauptschwingungsrichtungen einen Winkel von 45° mit der Schwingungsrichtung des einfallenden Lichtes bilden, zum Theil neben der Platte vorbeigehen, so erhält man bei gekreuztem Nicole am Oculare beide Erscheinungen zusammen. Man sieht die Talbot'schen Streifen in den breiten Interferenzstreifen sehr gut auftreten, namentlich wenn man den Nicol am Oculare ein wenig aus seiner richtigen Lage dreht, um die durch diesen Nicol hervorgerufenen Interferenzstreifen weniger dunkel zu haben. Dreht man den Nicol am Oculare um 90°, so treten die Interferenzstreifen an den streifenfreien Stellen auf, während jetzt die Talbot'schen Streifen an der Stelle dieser Intensitätsmaxima sich zeigen.

Diese Resultate, welche die Erscheinung im Wesentlichen vollkommen darstellen, sind jedoch unter der Voraussetzung gewonnen worden, dass der Factor $\cos\frac{2\pi}{\lambda}(\mu_{,,}-\mu_{,})D$ keine wesentliche Veränderung bei gleichzeitig rascher eintretender Aenderung des zweiten Factors $\cos\frac{2\pi}{\lambda}\left(\frac{\mu_{,,}+\mu_{,}}{2}-1\right)D$ erleidet. Wir haben schon oben be-

Digitized by Google

merkt, dass wir diese Annahme gerade für jene Stellen, wo vollkommen schwarze Interferenzstreifen auftreten, wo also die Erscheinung am auffallendsten ist, zu machen berechtigt sind. Wenn wir uns aber von diesen dunklen zu schwächeren Talbot'schen Streifen, ja sogar an die scheinbar streifenfreien Stellen begeben, so erleiden diese Resultate, wenn auch nur geringe, Modificationen. Wesentlich aber sind diese Modificationen jedoch nur an den scheinbar streifenfreien Stellen. Um an diesen Stellen die Erscheinung vollkommen direct wiedergeben zu können, hätten wir in der Intensitätsformel

$$J = \frac{i}{2}\left[\cos^2\frac{\pi}{\lambda}(\mu_{,}-1)D+\cos^2\frac{\pi}{\lambda}(\mu_{,,}-1)D\right]$$

$\mu_{,}$ sowohl als $\mu_{,,}$, etwa nach der Cauchy'schen Dispersionsformel als Function von λ darzustellen. Aus den so erhaltenen $\frac{dJ}{d\lambda}=0$ könnten jene Werthe von λ bestimmt werden, für welche Intensitätsmaxima und Minima auftreten. Aber die transcendente Gleichung $\frac{dJ}{d\lambda}=0$ ist eine so complicirte, dass leicht darstellbare Gesetze aus ihr nicht gewonnen werden können. Wir helfen uns auch hier wieder mit den leichter verständlichen Zeichnungen. Aus den Fig. 5, 6 u. 7 Taf. XV u. XVI ist ersichtlich, dass die Talbot'schen Streifen bis gegen die Mitte C des hellen breiten Streifens wenigstens sehr nahe gleiche Distanz besitzen und nur die wenigen der Mitte C zunächst liegenden Maxima und Minima sind etwas näher aneinander gerückt. In der Mitte selbst findet sich entweder ein Maximum oder ein Minimum, wenigstens unter den Voraussetzungen, die den Zeichnungen zu Grunde liegen. Bei Fig. 5 und 7 ist vorausgesetzt, dass an den Stellen, wo scharfe und schwarze Interferenzstreifen auftreten, Minima der Componenten sich decken, während bei Fig. 6 Maxima derselben an dieselbe Stelle des Spectrums fallen. Das ist nun in aller Strenge nicht nothwendig, nahezu allerdings wird man immer den einen oder den anderen Fall als vorhanden annehmen können. Um dies verständlich zu machen, erinnern wir uns an das Verhältniss zwischen Maassstab und Nonius. Wie dort n Theile des einen $n \pm 1$ Theilen des andern gleich sind, so kommen auch hier n Intervalle der einen Componente auf $n \pm 1$ Intervalle der anderen. Nonius und Maassstab können nun so übereinander geschoben sein, dass ein Theilstrich des einen auf einen solchen des anderen kommt. Das ist bei uns der Fall, wenn zwei Minima sich decken,

Digitized by Google

wie in Fig. 5 und 7. Aber Nonius und Maasstab können auch so verschoben sein, dass keiner ihrer Theilstriche zusammenfallen, die grösste Verschiebung, die da eintreten kann, ist bekanntlich gleich der halben Angabe des Nonius. Eine solche grösste Entfernung zweier nächstliegender Theilstriche entspricht bei uns der Deckung zweier Maxima. Da haben dann die einander nächstliegenden dunklen Interferenzstreifen der Componenten eine Entfernung $\frac{b}{2n}$, wobei b die Grösse eines Intervalles und n die Anzahl der zwischen zwei streifenfreien Stellen auftretenden Interferenzstreifen ist. Je grösser dieses n ist, je kleiner das b sich herausstellt, je näher also die Talbot'schen Streifen aneinander gerückt sind, desto mehr sind wir berechtigt, ein Decken zweier Minima anzunehmen. Für die Erscheinung im grossen Ganzen ist es, wie wir schon bemerkt haben, gleichgiltig, ob sich zwei Minima oder zwei Maxima der Componenten decken, da wir bei der ganzen obigen Ableitung niemals uns genöthigt sahen, eine solche Bedingung einzuführen. In Bezug aber auf das Auftreten der Maxima und Minima an den scheinbar streifenfreien Stellen ist dies aber nicht gleichgiltig, wie ein Blick auf Fig. 5 und 6 sogleich ergibt. Nehmen wir zuerst an, dass bei A und B sich zwei Minima der Componenten decken, wie in Fig. 5 und 7. In der Mitte bei C wird die Intensität für die eine Componente, bei welcher auf die Entfernung eine gerade Anzahl von Intervallen oder Interferenzstreifen kommen $=0$, für die zweite mit einer ungeraden Anzahl von Intervallen wird sie $=\frac{1}{2}$. Ist die Anzahl der ungeraden Intervalle, wie in Fig. 5 grösser, so wird das erste Glied der Intensitätsformel

$$J=\frac{i}{2}\left(\cos^2\frac{m_{,}\pi D}{\lambda}+\cos^2\frac{m_{,,}\pi D}{\lambda}\right)$$

(wobei $m_{,}=\mu_{,}-1$ und $m_{,,}=\mu_{,,}-1$ der Kürze halber gesetzt wurde) $=0$, das zweite $=1$. Gehen wir von C aus, um ein ganz kleines Stück weiter, so ändert sich λ in λ', $m_{,}$ und $m_{,,}$ in $m'_{,}$ und $m'_{,,}$, man erhält also für diese Stelle

$$J'=\frac{i}{2}\left(\cos^2\frac{m'_{,}\pi D}{\lambda'}+\cos^2\frac{m'_{,,}\pi D}{\lambda'}\right).$$

Bilden wir die Differenz $J-J'$, so erhalten wir durch einfache Transformation

Digitized by Google

$$J-J' = \sin \pi D \left(\frac{m_{,}'}{\lambda'} + \frac{m_{,}}{\lambda}\right) \sin \pi D \left(\frac{m_{,}'}{\lambda'} - \frac{m_{,}}{\lambda}\right) + \sin \pi D \left(\frac{m'_{,,}}{\lambda'} + \frac{m_{,,}}{\lambda}\right)$$
$$\sin \pi D \left(\frac{m'_{,,}}{\lambda'} - \frac{m_{,,}}{\lambda}\right)$$

Da wir nur sehr wenig über C hinausgegangen sind, so ist $\left(\frac{m_{,}'}{\lambda'} - \frac{m_{,}}{\lambda}\right) = \triangle \frac{m_{,}}{\lambda}$ und $\left(\frac{m'_{,,}}{\lambda'} - \frac{m_{,,}}{\lambda}\right) = \triangle \frac{m_{,,}}{\lambda}$ sehr klein. Statt den Sinusen der Differenzen können wir also $\pi D \frac{\triangle m_{,}}{\lambda}$ und $\pi D \triangle \frac{m_{,,}}{\lambda}$ setzen. Ganz ähnlich können wir bei der weiteren Entwickelung der Sinuse der Summen $\pi D \left(\frac{m_{,}'}{\lambda'} + \frac{m_{,}}{\lambda}\right) = \pi D \left(\frac{2m_{,}}{\lambda} + \triangle \frac{m_{,}}{\lambda}\right)$ und $\pi D \left(\frac{m'_{,,}}{\lambda'} + \frac{m_{,,}}{\lambda}\right) = \pi D \left(\frac{2m_{,,}}{\lambda} + \triangle \frac{m_{,,}}{\lambda}\right)$ Transformationen vornehmen und erhalten

$$J-J' = \left(\pi D \triangle \frac{m_{,}}{\lambda}\right)^2 \cos \frac{2\pi D m_{,}}{\lambda} + \left(\pi D \triangle \frac{m_{,,}}{\lambda}\right)^2 \cos \frac{2\pi D m_{,,}}{\lambda}.$$

Der Werth von $\cos \frac{2\pi D m_{,}}{\lambda}$ ist aber $= +1$, jener von $\cos \frac{2\pi D m_{,,}}{\lambda}$ $= -1$, da $\cos \frac{\pi D m_{,}}{\lambda} = 1$, und $\cos \frac{\pi D m_{,,}}{\lambda} = 0$ sind; es wird somit

$$J - J' = \pi^2 D^2 \left(\triangle \frac{m_{,}}{\lambda} + \triangle \frac{m_{,,}}{\lambda}\right) \left(\triangle \frac{m_{,}}{\lambda} - \triangle \frac{m_{,,}}{\lambda}\right).$$

Da aber $\triangle \frac{m_{,,}}{\lambda}$ grösser ist als $\triangle \frac{m_{,}}{\lambda}$, wegen $\mu_{,,} > \mu_{,}$, so folgt, dass J' grösser ist als J, dass also auch bei C ein Minimum auftritt.

Auf eine ganz ähnliche Art erweist sich das Auftreten eines Maximums bei C im Falle der Fig 1, wo bei gleichzeitigem Decken zweier Minima eine grössere Anzahl gerader Intervalle auf eine kleine Anzahl ungerader Intervalle kommt.

Decken sich aber zwei Maxima, so wird bei einer grösseren Anzahl ungerader Intervalle und einer geringeren Anzahl gerader wie in Fig. 6, bei C ein Maximum auftreten. Bei einer grösseren Anzahl gerader Intervalle gegenüber einer geringeren ungerader wird aber in diesem Falle ein Minimum bei C auftreten.

Sollten in einem allgemeineren Falle sich weder zwei Maxima noch zwei Minima decken, so wird bei C weder ein Maximum noch ein Minimum sich geltend machen. Ob ein Maximum oder ein Minimum in diesem Falle der Mitte am nächsten liegt, ergibt sich mit Hilfe der

Digitized by Google

oben gemachten Bemerkungen leicht, wenn man nur weiss, ob die kleinste Entfernung zweier nächstliegender Maxima oder Minima grösser oder kleiner ist.

Was die Anzahl der im Spectrum auftretenden Maxima und Minima betrifft, so kann aus den Zeichnungen, namentlich den Fig. 5, 6 und 7 entnommen werden, dass stets die Anzahl dieser Maxima und Minima eben so gross ist wie jene, welche in dem Spectrum der dem grösseren Brechungsquotienten entsprechenden Componente auftreten. Hat also eine Componente zwischen B und H etwa n Interferenzstreifen, die zweite aber $n+1$, so treten bei der Resultirenden unter Anwendung von unpolarisirtem Lichte stets $n+1$ Interferenzstreifen auf. Die Intensität und die Lage dieser Interferenzstreifen weicht jedoch sichtlich von jenen der grösseren Componente ab.

Bezeichnen wir mit $\mu_,'$ und $\mu_,$ die Brechungsquotienten zweier bestimmter Fraunhofer'schen Linien, mit λ' und λ die ihnen entsprechenden Wellenlängen jener Componente, welche die Krystallplatte parallel Ox schwingend durchläuft, so ist die Anzahl der Interferenzstreifen für diese Componente, also für den Fall $\alpha = 0$, die zwischen den genannten Fraunhofer'schen Linien liegen

$$N = \left(\frac{\mu_,' - 1}{\lambda'} - \frac{\mu_, - 1}{\lambda}\right) D.$$

Für die zweite parallel Oy schwingende Componente, oder für $\alpha = 90^0$, ergibt sich die Anzahl der zwischen denselben Fraunhofer'schen Linien liegenden Streifen als

$$N' = \left(\frac{\mu_,'' - 1}{\lambda'} - \frac{\mu_,' - 1}{\lambda}\right) D.$$

Die Zahl derjenigen Stellen, welche zwischen derselben Fraunhofer'schen Linie sich finden und an welchen scharfe und dunkle Interferenzstreifen auftreten, ist

$$N' - N.$$

Die Anzahl der Streifen der einen Componente, welche zwischen zwei solchen Stellen A, B Fig. 5 mit scharfen Streifen sich finden, ist

$$n = \frac{N}{N' - N}.$$

Für die zweite Componente ist diese Zahl

$$n' = \frac{N}{N' - N}$$

und wenn wir $\mu_,' > \mu_,$ also auch $\mu_,'' > \mu_,'$, nehmen, muss $n' = n + 1$

Digitized by Google

sein. Die Zahl n' so wie auch jene n ist ersichtlich unabhängig von der Dicke der Platte. Der Wechsel von Stellen mit scharfen und dunklen Interferenzstreifen mit solchen scheinbar streifenfreien wird also zwischen zwei bestimmten Fraunhofer'schen Linien um so rascher stattfinden, es werden sich um so mehr solche Stellen im gleichen Intervalle des Spectrums finden, je dicker die Platte ist. $N' - N$ wächst nämlich proportional der Dicke, aber die Zahl der Interferenzstreifen zwischen zwei solchen Stellen wird stets $n + 1$ sein, ob zur Hervorrufung solcher Streifen dicke oder dünne Platten angewendet wurden. Bei dickeren Platten werden die Talbot'schen Streifen näher aneinander gerückt sein wie bei dünneren.

Soll aber das ganze Spectrum hindurch zwischen je zwei Stellen A und B eine gleiche Zahl solcher Streifen liegen, so muss n constant sein, welche zusammengehörige Werthe von μ und λ man auch in die Gleichung substituiren mag. Mit der Constanz von n ist aber auch jene von $\frac{N_{,}}{N}$ verbunden. In diesem Falle muss auch, wenn $(\mu_{,,} - 1) = m(\mu_{,} - 1)$ gesetzt wird, der Werth m oder was dasselbe ist

$$\frac{1}{m} = \frac{\mu_{,,} - 1}{\mu_{,} - 1}$$

constant sein. Das ist nun im Allgemeinen nicht der Fall. Im Gegentheile zeigt sich bei allen doppelt brechenden Substanzen oft ein nicht unbeträchtliches Wachsen dieses Werthes, wenn man vom rothen Theile des Spectrums zum Violetten geht. Für eine parallel der optischen Axe geschnittene Quarzplatte sind nach Rudberg's Messungen für die Fraunhofer'schen Linien derjenigen beiden Strahlen, die senkrecht gegen einander polarisirt diese Platte durchziehen:

	$\mu_{,} = \mu_o$	$\mu_{,,} = \mu_e$
B	1·54090	1·54990
C	1·54181	1·55085
D	1·54418	1·55328
E	1·54711	1·55631
F	1·54965	1·55894
G	1·55425	1·56365
H	1·55817	1·56772.

Bildet man nach diesen Zahlen den Quotienten $\frac{\mu_{,,} - 1}{\mu_{,} - 1}$ für die verschiedenen Fraunhofer'schen Linien, so erhält man folgende Werthe:

Digitized by Google

B	1·016525
C	1·016675
D	1·016720
E	1·016800
F	1·016898
G	1·016978
H	1·017096.

Das oben angedeutete Wachsen dürfte aus diesen Zahlen zweifellos zu entnehmen sein. Da aber ein Wachsen dieses Werthes ein Kleinerwerden des n mit sich bringt, so werden auch im analysirenden Spectrum zwischen zwei streifenfreien Stellen um so weniger dunkle Interferenzstreifen auftreten, je mehr man sich gegen das violette Ende begibt.

Noch auffallender ist das Wachsen dieses Quotienten für den Kalkspath. Für eine parallel der optischen Axe geschnittene Kalkspathplatte ergeben sich mit Zugrundelegung von Rudberg's Messungen folgende Werthe:

B	1·3496
E	1·3580
H	1·3726.

In diesem Wachsen des Quotienten $\frac{\mu_{,,}-1}{\mu_{,}-1}$ ist auch der Grund zu suchen, weshalb man bei speciellen Rechnungen für n und n' nicht, wie es nothwendig sein sollte, ganze Zahlen findet. Man erhält nämlich immer nur einen Mittelwerth, der nicht nothwendig eine ganze Zahl ist. Freilich sind die Beobachtungsfehler, welche den Werthen von μ und λ noch anhaften, auch hier von Einfluss, jedoch ist derselbe nicht sehr bedeutend.

Wenn man, um bei dickeren Krystallplatten eine grössere Entfernung der Interferenzstreifen zu erhalten, die neben der Platte vorübergehenden Strahlen statt durch Luft allein, auch noch durch eine einfach brechende Platte von der Dicke D_0 und dem Brechungsquotienten μ gehen lässt, so erhält man

$$J = \frac{i}{2}\left[\cos^2\frac{\pi}{\lambda}\left((\mu_{,}-1)D-(\mu-1)D_0\right)+\cos^2\frac{\pi}{\lambda}\left((\mu_{,,}-1)D-(\mu-1)D_0\right)\right]$$

als Intensitätsformel.

Wendet man eine drehende Platte an, etwa eine zur optischen Axe senkrecht geschnittene Quarzplatte, so erscheinen in Folge der Drehung der Polarisationsebene die Stellen mit schwarzen Interferenz-

Digitized by Google

streifen verschoben. Dasselbe müsste geschehen, wenn das unpolarisirte Licht auf die Strecke D schon seine Schwingungsrichtung geändert hätte. Die Intensitätsgleichung für diese Erscheinung lässt sich eben so wie die oben abgeleitete aufstellen. Würde z. B. die Quarzplatte von der Dicke D_0 die Polarisationsebene um δ nach rechts drehen, so hätte man um unserer Formel für ξ_1 und η_1 nur statt D, $(\mu_0 - 1)D_0$ und statt α, $\alpha + \delta$ zu setzen, unter μ_0 den ordentlichen Brechungsquotienten für Quarz verstanden. Hätte man eine links drehende Quarzplatte, so müsste δ negativ gesetzt werden. Die weitere Entwicklung gelingt dann ohne weiteres.

Die Intensitätscurve, wie sie sich in den Fig. 4, 5 u. s. w. darstellt, besitzt eine grosse Aehnlichkeit mit jener Curve, welche ein feiner Stift auf Papier u. s. w. zeichnet, der die Schwebungen wiederzugeben bestimmt ist, die zwei naheliegende Töne erzeugen, wenn gleich die Art und Weise ihres Entstehens eine ersichtlich verschiedene ist.

Bei meinen Versuchen habe ich ausser Gypsplatten von verschiedener Dicke auch eine zur optischen Axe parallel geschnittene Quarzplatte von 2 Mm. Dicke benützt, welche sehr schöne Talbot'sche Streifen unter Anwendung eines Starke'schen Spectralapparates mit zwei Prismen lieferte. Wurde linearpolarisirtes Licht angewendet und die Quarzplatte so eingeschoben, dass ihre optische Axe senkrecht zur Schwingungsrichtung war, dass also nur ordentliche Wellen sie durchzogen, so waren, nach Rudberg's Quotienten gerechnet, zwischen den Linien B und H 1237·4 Interferenzstreifen. War die Quarzplatte um 90° gedreht worden, gingen durch sie also nur die ausserordentlichen Strahlen, so fanden sich zwischen denselben Fraunhofer'schen Linien 1259·3 Interferenzstreifen. Es war also $N = 1237{\cdot}4$ und $N' = 1259{\cdot}3$. Die Anzahl der Stellen, an welchen die Talbot'schen Streifen am deutlichsten und schärfsten auftraten, ist also $N' - N = 22$ auf das Intervall BH. Zwischen zwei solchen Stellen kommen von der ordentlichen Componente 59, von der ausserordentlichen aber 60 Interferenzstreifen. Zwischen gekreuzten Nicolen waren ebenfalls zwischen B und H 22 dunkle Interferenzstreifen. Für die in der Nähe von D liegenden solchen Interferenzstreifen enthält die folgende Zusammenstellung die dem Kirchhoff'schen Spectrum entsprechende Zahl derjenigen Fraunhofer'schen Linie, bei welcher sie auftreten, die ihnen entsprechende Wellenlänge λ und den Gangunterschied n

Digitized by Google

der sie liefernden Strahlen. Die Wellenlängen sind berechnet nach der bekannten Formel

$$\frac{(\mu_e - \mu_o) D}{n} = \lambda.$$

Bei dieser Berechnung ist vorausgesetzt worden, und diese Voraussetzung ist bei Quarz und einem kleineren Stücke des Spectrums erlaubt, dass $\mu_e - \mu_o$ für alle Stellen dieses Intervalles constant = 0·00905 sei. Aus der berechneten Wellenlänge konnte aus den schon bekannten Wellenlängen[1]) der ihnen benachbarten Stellen durch Interpolation die Kirchhoff'sche Bezeichnung wenigstens annähernd gefunden werden.

Nr.	λ	n	Nr.	λ	n
	696·15	26	935	603·50	30
647	670·37	27	1043	583·97	31
727	646·43	28	1170	565·62	32.
831	624·14	29			

Bei den eben bezeichneten Stellen des Kirchhoff'schen Spectrums werden nach unserer Untersuchung die Talbot'schen Streifen besonders scharf und dunkel auftreten. Bei den Linien 727, 935, 1170, welche geraden Gangunterschieden entsprechen, werden diese Streifen dort erscheinen, wo sie für eine gleich dicke einfach brechende Platte vom mittleren Brechungsquotienten $\frac{\mu_e + \mu_o}{2}$ auftreten. Bei den Linien 647·0, 831, 1043 hingegen, wo Gangunterschiede von einer ungeraden Anzahl Wellenlängen eingetreten sind, werden die Talbot'schen Streifen unserer Quarzplatte gegen jene der idealen einfach brechenden Platte um die halbe Entfernung zweier Talbot'schen Interferenzstreifen verschoben sein. Die Verschiebung erhält sich bis nahe zur Mitte, wo die Streifen zu mangeln scheinen. Dort aber würde ein Maximum von der einen Seite herrührend auf ein Minimum der anderen Seite fallen. Der Ausgleich nun, der in der Mitte naturgemäss eintreten muss, bedingt das eigenthümliche Auftreten eines Maximums oder Minimums in der Mitte und den ihr nächstliegenden Stellen. Beim Quarze finden wir also eine grosse Anzahl von Interferenzstreifen zwischen zwei streifenfreien Stellen. Diese letzteren Stellen sind auch verhältnissmässig breit, da auch die in ihnen auftretenden Streifen in ziemlich bedeutender Anzahl von so geringem Intensitätsunterschied gegen die

1) Sitzungsberichte 52. Band.

Digitized by Google

zwischen ihnen liegenden Maxima erscheinen, dass sie sich dem Auge gänzlich entziehen.

Ganz ähnlich wie am Quarz sind die Erscheinungen, welche der Gyps bietet, da senkrecht zur ausgezeichneten Theilbarkeit sich durch denselben zwei senkrecht gegen einander polarisirte Strahlen bewegen, deren Brechungsquotienten denjenigen des Quarzes nach Ångström sehr nahe kommen. Bei Gyps ist nur die Vorsicht zu gebrauchen, dass man Stücke wählt, welche nicht durch Spaltflächen und zwischen sie eingetretene Luft andere nicht hieher gehörige Interferenzstreifen liefern.

Interessant bezüglich der Talbot'schen Streifen verhält sich der Kalkspath. Die senkrecht zu einer Platte, welche parallel zur optischen Axe geschnitten ist, sich fortpflanzenden Strahlen besitzen viel verschiedenere Geschwindigkeiten wie beim Quarz. Für linear polarisirtes Licht, welches eine solche 1 Mm. dicke Kalkspathplatte parallel der optischen Axe schwingend durchläuft, erhält man zwischen B und H 549·6 Interferenzstreifen, für senkrecht zur optischen Axe schwingendes Licht aber 810·6 solche Streifen. Bei Anwendung von unpolarisirtem Licht treten also an 261 verschiedenen Stellen zwischen B und H die Interferenzstreifen vollkommen, an eben so vielen Stellen aber schwächer auf. Der Wechsel dieser Stellen ist also hier ein sehr rapider. Zwischen zwei solche Stellen fallen von der einen Componente nur zwei, von der andern nur drei Interferenzstreifen. Die Intensitätscurve für diesen Fall ist in Fig. 8 dargestellt. Es sind hier zwei ziemlich scharfe Interferenzstreifen paarweise angeordnet und diese Paare sind getrennt durch einen schwachen Interferenzstreifen, etwa wie Fig. 10 es darstellt.

Wendet man Doppelspathplatten an, die durch zwei natürliche den Grundrhomboëderflächen parallele Spaltungsflächen gebildet sind, so stellt sich die Erscheinung ähnlich dar. Senkrecht zu diesen Flächen bewegen sich durch eine solche Platte zwei Wellen, die eine mit der Geschwindigkeit der ordentlichen Wellen, die zweite mit einer Geschwindigkeit, welche zwischen jener der ordentlichen und ausserordentlichen Wellen liegt. Die Brechungsquotienten für diese Wellen, welche parallel der kürzeren Diagonale des Grundrhomboëders schwingen, sind

für B $\mu_, = 1{\cdot}57230$
„ H $\mu_,' = 1{\cdot}58244,$

Digitized by Google

während die Brechungsquotienten für die ordentlichen Wellen und für dieselben Fraunhofer'schen Linien sind

$$\mu_{,,} = 1{\cdot}65308 \quad \text{und} \quad \mu'_{,,} = 1{\cdot}68330.$$

Geht nun die ordentliche Welle durch eine 1 Mm. dicke Platte, so liegen zwischen B und H wieder 810·6 Interferenzstreifen, während sich für die ausserordentliche Welle 634·0 solche ergeben. Zwischen B und H sind also nur mehr 176·6 Stellen mit scharfen und eben so viele mit schwachen Interferenzstreifen. Es kommen nun fünf Streifenentfernungen der ordentlichen Welle auf vier solche der ausserordentlichen. Fig. 9 stellt die Intensitätscurve für diesen Fall dar, während Fig. 11 das Ansehen des Streifens im Spectrum selbst gibt.

Wieder ähnlicher der Erscheinung am Quarz ist jene, welche eine senkrecht zur optischen Mittellinie geschnittene Topasplatte liefert. Für eine solche 2 Mm. dicke Topasplatte zeigen sich zwischen B und H nur vier Stellen mit scharfen schwarzen Interferenzstreifen. Auf das Intervall zwischen zwei solchen Stellen liegen 322 Streifen für die eine, 321 solche für die zweite Componente; da ist also der Wechsel der Stellen mit scharfen und schwachen Interferenzstreifen ein sehr langsamer. Durch eine grosse Strecke im Spectrum erscheinen schwarze und dunkle Interferenzstreifen in bedeutender Anzahl, durch fast eben so grosse Strecken entziehen sie sich fast vollständig dem Auge. Die Brechungsquotienten der sich senkrecht zu einer solchen Topasplatte bewegenden Welle sind nämlich bei gleicher Farbe nicht sehr verschieden.

Beim Glimmer verhält sich die Sache ähnlich. Auch bei ihm sind die Brechungsquotienten der sich senkrecht zu den Spaltungsflächen fortpflanzenden Wellen nicht sehr verschieden, namentlich dann, wenn der optische Axenwinkel nicht sehr gross ist. Auch hier sind wieder ausgedehnte Strecken des Spectrums, namentlich bei dünneren Glimmerplättchen mit schwarzen Interferenzstreifen ausgestattet, während sie an anderen ebenfalls ziemlich breiten Stellen gänzlich zu mangeln scheinen. Bei einem Glimmer, dessen Axenwinkel ungefähr 20° betrug, waren bei Anwendung eines nur 0·1 Mm. dicken Plättchens Talbot'sche Streifen zwischen den Linien E und F nicht zu sehen, während sie sich über diese Linien hinaus ziemlich deutlich zeigten. Durch Anwendung von linearpolarisirtem Lichte konnte man aber auch an diesen Stellen bei gehöriger Lage des Nicols deutliche Streifen beobachten. Bei einer 0·5 Mm. dicken Glimmerplatte fehlten diese

Digitized by Google

Streifen schon an zwei Stellen, bei den Fraunhofer'schen Linien *C* und *F*. Um diese Erscheinung gut zu übersehen, ist es rathsam, ein wenig ausgedehntes Spectrum zu benützen, da bei solchen die ziemlich entfernten Streifen sich deutlicher geben. Sie konnten im Beugungsspectrum eines Gitters, das 1000 Linien auf den Zoll besass, besonders gut beobachtet werden. Dadurch erklärt sich auch, dass gewisse, namentlich dünne, Glimmerplättchen durchaus keine Talbot'schen Streifen bei Anwendung von unpolarisirtem Lichte geben, weil es ja sehr möglich ist, dass sich durch das ganze Spectrum eine der oben bezeichneten scheinbar streifenfreien Stellen zieht. Der Glimmer zeigt oft beim Hervorrufen Talbot'scher Streifen eine dem Doppelspath ganz ähnliche Erscheinung. Sie hat aber einen wesentlich anderen Grund. Der leichteren Spaltbarkeit des Glimmers wegen treten nämlich oft Interferenzstreifen auf, die ihre Entstehung mehrmals an diesen Spaltungsflächen reflectirten Strahlen verdanken, die dann mit den schon vorhandenen sich decken oder zwischen dieselben hineinfallen.

Einaxige Glimmer verhalten sich natürlich eben so wie zur optischen Axe senkrecht geschnittene Platten, wie einfach brechende Medien.

Digitized by Google

Apparat für die electro-magnetische Rotation von Flüssigkeiten.

Von

Bertin.

(Annales de Chimie et de Physique, Janvier 1869.)

(Hiezu Tafel XIV, Figg. 4—6.)

Bei den Versuchen über die electro-magnetischen Rotationen, wie man sie in den physikalischen Vorlesungen seit Ampère vorführt, lässt man einen Strom oder einen fixen Magnet auf einen linearen beweglichen Stromleiter, einen vom Strome durchflossenen Kupferdraht einwirken. De la Rive kam anf den Gedanken, den Metalldraht durch den Lichtstreifen zu ersetzen, welchen der Inductionsfunken in einem unvollständigen luftleeren Raume bildet. Ist aber die Luftleere sehr weit getrieben, so breitet sich der Funke, anstatt sich in einen schmalen Streifen zu concentriren, weit aus und folgt nicht mehr der Einwirkung des Magneten, gar nicht mehr aber den Ampère'schen Gesetzen, wie dies Plücker wahrgenommen hat.

Es schien also, dass in beiden Fällen die lineare Form des beweglichen Stromes eine unerlässliche Bedingung zum Gelingen dieser Versuche ist; dem ist aber nicht so: die electro-magnetische Rotation findet auch eben so gut in einem unbegrenzten Leiter statt. Ersetzt man den beweglichen Draht von Ampère durch eine weite kupferne Kapsel, die sich um eine in ihrer Mitte befindliche Spitze drehen kann, so sieht man, dass die Kapsel sich mit derselben Leichtigkeit und nach den gleichen Gesetzen bewegt, wie der Draht. Der von den besseren Leitern der Electricitätsbewegung entgegengesetzte Widerstand reicht hin, um die Bewegung zu erklären, welche die materiellen Molecule durch die Wirkungen erfahren, die auf das electrische Fluidum allein ausgeübt werden.

Die von den Strömen durchlaufenen Flüssigkeiten bieten uns ganz

Digitized by Google

gleichartige Erscheinungen. Werden sie in ein ringförmiges Gefäss zwischen concentrischen Electroden eingeschlossen, so kann sich der durch sie hindurchgehende Strom nach allen Richtungen bewegen; sucht ihn aber eine äussere Einwirkung zu drehen, so kann er dieser Kraft nur dadurch gehorchen, dass er die Flüssigkeit mit sich fortzieht, und ebenso verhält es sich bei der electromagnetischen Rotation. Diese Rotation wird um so leichter stattfinden, je geringer die Masse der Flüssigkeit und je grösser ihr Widerstand ist, und daher kommt es auch, dass man das Quecksilber, womit zuerst Davy im Jahre 1823 experimentirte, zweckmässig durch wässerige Lösungen ersetzt, deren Rotation zum ersten Male im Jahre 1829 von Schweigger beobachtet worden ist.

Diese Versuche sind schon mehr als vierzig Jahre alt; sie waren der Gegenstand zahlreicher Arbeiten[1]), sie bilden eine unerlässliche Ergänzung der Ampère'schen Versuche, sie eignen sich besser als diese zu Verification der Gesetze des Electromagnetismus, und doch haben sie nach meiner Meinung noch nicht den gebührenden Platz beim physikalischen Unterricht eingenommen. Um zu ihrer Verbreitung beizutragen, will ich einen einfachen Apparat beschreiben, mit dessen Hilfe die Professoren in ihrem Hörsaale die Fundamentalerscheinungen der electromagnetischen Rotation der Flüssigkeiten zeigen können.

Fig. 5 Tafel XIV. gibt eine perspectivische Ansicht des Apparates, Fig. 6 einen verticalen Durchschnitt, Fig. 4 zeigt den Commutator (der übrigens bereits im 4. Bande des Repertoriums pag. 346 beschrieben ist. C.). Man sieht aus Figg. 5 und 6 vor Allem, dass das ringförmige Gefäss V aussen von einer Rolle G umgeben ist und dass innen ein Electromagnet H hindurchgeht.

Das ringförmige Gefäss VV ist ganz von Glas, in dasselbe giesst man eine Mischung von 20 bis 30 Volumtheilen Wasser auf 1 Theil Schwefelsäure und 1 Theil Salpetersäure, oder jede andere Flüssigkeit, die nicht zu viele Dämpfe entwickelt. Auf dieser Flüssigkeit lässt man kleine Korkscheiben schwimmen, die mit Russ geschwärzt sind und kleine Fähnchen pp tragen, welche dazu dienen, die Bewegung der Flüssigkeit nach Aussen wahrnehmbar zu machen. In dem Gefässe befinden sich die beiden ringförmigen Electroden e und i, welche durch

1) Siehe meine Abhandlung über die electromagnetische Rotation der Flüssigkeiten in den Annales de Chimie et de Physique, 3. Série, t. LV. p. 304.

Digitized by Google

abgebogene Kupferdrähte mit den Klemmen *E* und *I* verbunden sind; die Enden dieser Drähte haben verschiedene Dicke, so dass man sie nicht verwechseln kann, und es ist also die mit *E* bezeichnete Klemme stets an der äusseren Electrode, die mit *I* bezeichnete stets an der inneren Electrode befestigt. Die Säulen, welche diese beiden Klemmen tragen, sind von unten an zwei Metallstreifen angeschraubt, welche zu den Federn des Commutators führen und auf welchen die Worte: centrifugal und centripetal eingravirt sind. Der Pfeil des Commutators zeigt also stets durch das Wort, gegen das er gerichtet ist, die Richtung des Stromes in der Flüssigkeit an.

Auf diesen beweglichen Strom lässt man entweder getrennt oder gleichzeitig den festen äusseren Strom der Drahtrolle *G* und den inneren Strom des Electromagneten *H* wirken. Das Gefäss wird durch den inneren Rand der Rolle *G* getragen und diese selbst sitzt auf zwei Metallsäulen *SS'* auf. Mit diesen beiden Säulen sind oben die Enden des Drahtes der Rolle und unten zwei Metallstreifen verbunden, welche zu den Klemmen *A* und *B* führen, wovon die erste isolirt, die zweite mit der Axe des Commutators verbunden ist.

Der Electromagnet *H* ist an einem beweglichen Brettchen befestigt und sein Draht läuft zu den beiden Klemmen *C* und *D* aus. Dieses Brettchen kann gehoben und gesenkt werden mittelst zweier Schieber, welche die Säulen *E* und *I* umfassen und durch zwei Druckschrauben *K* festgestellt werden können. Hebt man das Brettchen, so geht der Electromagnet durch das centrale Rohr des ringförmigen Gefässes hindurch.

Die Buchstaben *A*, *B*, *C*, *D*, *E*, *I* und *N* sind in die sieben Klemmen eingravirt, welche diese Bezeichnung in der Figur tragen, so dass keine Zweideutigkeit bei den Versuchen bestehen kann. Der negative Pol einer kleinen Batterie von 4 Elementen steht immer mit der Klemme *N* des Commutators in Verbindung; der Strom wird dann durch die Flüssigkeit centripetal oder centrifugal gehen, je nachdem dies der Pfeil anzeigt; der positive Draht ist in die Klemmen *A*, *C* oder *D* eingeklemmt, je nach den Wirkungen, die man erzeugen will und die hauptsächlich drei an der Zahl sind:

1) Wirkung der äusseren Rolle *G*. — Man verbinde den positiven Pol der Batterie mit der Klemme *A*; der Strom tritt dann in die Rolle durch die zur Rechten stehende Säule ein. In Folge der Windung des Drahtes wird er in diesem in einer Richtung circuliren,

Digitized by Google

welche von oben gesehen links oder in entgegengesetzter Richtung wie die Zeiger einer Uhr sein wird. Er tritt durch die zweite Säule aus der Rolle aus und geht dann zum Commutator. Je nach der Stellung des Commutators wird dann der Strom in der Flüssigkeit vom Umfang zum Centrum oder umgekehrt hindurchgehen und durch die Klemme *N* zur Batterie zurückkehren. Die Fähnchen der Schwimmer nehmen dann eine linke oder directe Drehung ein, wenn der Strom in der Flüssigkeit centripetal ist, eine rechte oder indirecte, wenn die Flüssigkeit vom Strome centrifugal durchflossen wird.

2) Wirkung des inneren Electromagneten *H*. — Man verbinde den positiven Pol der Batterie mit *C* und ausserdem *D* und *B* durch einen Draht; der Südpol des Electromagneten wird sich oben befinden, d. h. der Strom wird noch eine linke Drehung haben und nun

a) wird die Flüssigkeit in derselben Richtung wie vorhin rotiren, wenn sich der Electromagnet unter dem Gefässe befindet;

b) hebt man den Electromagnet, so wird man eine Lage erhalten, wo er keine Wirkung mehr ausübt, die Fähnchen werden stehen bleiben;

c) hebt man noch weiter, so wird die Rotation ihr Zeichen ändern und in entgegengesetzter Richtung von der stattfinden, welche sie bei der äussern Rolle war.

3) Gleichzeitige Wirkung der beiden Rollen *G* und *H* in demselben Sinne. — Befindet sich der Electromagnet unter dem Gefässe, so verbinde man den positiven Pol mit *C* und *D* mit *A* durch einen Leitungsdraht. Ist der Electromagnet so weit gehoben, dass seine Mitte z. B. im Niveau der Flüssigkeit steht, so verbinde man den positiven Pol mit *D* und *A* und *C* mit einander. Die Rotation wird dann in derselben Richtung stattfinden, wie die, welche die äussere Rolle allein erzeugte; allein sie wird viel rascher sein, namentlich im letzteren Falle.

Ich brauche nicht weiter anzuführen, was man zu thun hat, um die gleichzeitige Wirkung beider Rollen im entgegengesetzten Sinne zu erhalten, oder auch um die Wirkung der inneren Rolle allein zu beobachten ohne ihren Eisenkern, oder auch um die Einwirkung gewöhnlicher Magnete auf die electrisirte Flüssigkeit zu studiren.

Will man diese Erscheinungen vollständig studiren, so hat man nichts Anderes nöthig, als ein kleines ringförmiges Gefäss, das man

Digitized by Google

gegen den Strom, der darauf einwirken soll, in alle möglichen Richtungen bringt. Es ist leicht, die Electroden so anzuordnen, dass der Strom durch die Flüssigkeit nicht mehr horizontal hindurchgeht, sondern in verticaler oder schiefer Richtung, je nachdem dies der Experimentator will.

Man kann auch das ringförmige Gefäss beseitigen. Taucht man in eine leitende Flüssigkeit einen spiralförmig gewundenen Draht und in die Mitte dieser Spirale einen zweiten geraden Draht, so wird man, so lange diese beiden Drähte mit einer Batterie in Verbindung stehen, die Flüssigkeit um den centralen Draht rotiren sehen, allein die Rotationsrichtung wird diesmal nicht mehr mit der Stromesrichtung variiren; sie wird nur von der Richtung der Windungen der Spirale wie bei den alten Savary'schen Strömen abhängen.

Bei diesem letzteren Versuche wurde die Drahtrolle weggelassen; man könnte, wenn man wollte, auch noch die Batterie beseitigen und die Rotation der Flüssigkeit in viel einfacherer Weise erhalten. Es würde genügen, einen cylindrischen Kupferstreifen in Wasser einzutauchen und ihn oben mit einem centralen Zinkcylinder zu verbinden. Es würde dann ein Strom zu Stande kommen, der in der Flüssigkeit vom Zink zum Kupfer ginge und folglich centrifugal wäre. Da dieser Strom der Einwirkung der Erde unterworfen wäre, so würde die Flüssigkeit nicht mehr unbeweglich bleiben können und man würde sie langsam in einer dem Zeiger einer Uhr entgegengesetzten Richtung rotiren sehen.

Digitized by Google

Apparat um die Wirkung hohler Magnete zu zeigen.

Von

Bertin.

(Annales de Chimie et de Physique, Janvier 1869.)

(Hiezu Tafel XIV, Fig. 7.)

Der merkwürdigste Fall der electromagnetischen Rotation der Flüssigkeiten ist der, den uns die mit hohlen Magneten angestellten Versuche zeigen. Diese Versuche sind überdies vom theoretischen Gesichtspunkte aus interessant, denn sie sind ganz besonders geeignet, um die falschen Vorstellungen zu beseitigen, welche man über die Constitution der Magnete noch zu oft vorfindet. Seitdem Ampère die Identität der Solenoide und Magnete für sehr kleinen Querschnitt gezeigt hat, hat man sich gewöhnt, dieses Princip auch auf die Drahtspiralen und Magnete von beliebigen Dimensionen auszudehnen. In der That gibt es wenig electromagnetische Wirkungen, bei denen ein Magnet nicht durch eine Drahtspirale ersetzt werden könnte und die uns also den Fehler anzeigen könnten, den wir begehen, wenn wir diese Substitution ausführen, ohne den Fundamentalbedingungen der Theorie Rechnung zu tragen. Die Versuche über die hohlen Magnete leisten dies und gerade deshalb besitzen sie ein ganz besonderes Interesse.

Bei meinen Untersuchungen über die electromagnetische Rotation der Flüssigkeiten bin ich darauf gekommen, dass, wenn die äusseren Wirkungen einer Drahtspirale und eines Magneten, die in gleicher Weise polarisirt sind, identisch sind, dass dann ihre inneren Wirkungen genau das entgegengesetzte Zeichen besitzen. Ich habe dieses Resultat erklärt, indem ich darauf aufmerksam machte, dass nach der Theorie, richtig gedeutet, die Magnete, deren Querschnitt nicht sehr klein ist, nicht mit Solenoiden, wohl aber mit Bündeln von Solenoiden verwechselt werden dürfen. Ein hohler Magnet ist also eine Röhre, die von Solenoiden gebildet wird, welche auf dem Mantel

Digitized by Google

eines Cylinders liegen und es folgt daraus, dass die Elemente dieser Solenoide an den beiden Enden der Röhre Ströme von entgegengesetzten Richtungen bilden, was nicht stattfindet bei einer hohlen Drahtspirale: daher denn die Verschiedenheit der Wirkung beider Apparate.[1])

Man könnte mir einwenden, dass meine Theorie über die hohlen Magnete eine ganz natürliche Folge der Ampère'schen Theorie wäre, und doch ist es nicht seine Neuheit, die man bestritten hat, sondern seine Genauigkeit. Ich glaube es deshalb durch neue Experimente begründen zu müssen.[2]) Der merkwürdigste ist der Versuch, welcher zeigt, dass die electromagnetische Rotation einer Flüssigkeit im Innern einer hohlen Drahtspirale schwächer wird und selbst ganz verschwindet, wenn man einen Cylinder von weichem Eisen zwischen die Drahtspirale und die Flüssigkeit einführt. Sieht man diese Flüssigkeit aus der Bewegung zur Ruhe übergehen, wenn man den weichen Eisenkern einführt, und ihre Bewegung wieder beginnen, sobald man den Eisenkern herauszieht, so ist man doch gezwungen einzusehen, dass die Drahtspirale und der magnetisirte Kern einander entgegenwirken und dass also ein hohler Magnet und eine hohle Drahtspirale von gleicher Polarität in ihrem Innern electromagnetische Wirkungen ausüben, die in der That in entgegengesetztem Sinne statthaben.

Um diesen Versuch in Vorlesungen zeigen zu können, habe ich den auf Tafel XIV Fig. 7 dargestellten Apparat construirt, der aus mehreren Theilen besteht, die sich mit der grössten Leichtigkeit auseinander nehmen lassen.

Man sieht hier vorerst ein Brettchen, das die Verbindungen *P*, *N*, *A*, *B*, *C*, *D* trägt. *P* und *N* sind zwei Klemmen mit Löchern, in welche die Pole der Batterie eingeklemmt werden. *A* und *B* sind Klemmen mit Schlitzen, die dazu dienen, zwei an den Enden der Drahtspirale angelöthete Streifen aufzunehmen; endlich *D* und *C* Fig. 7 a sind zwei geschlitzte Rohre, in welche zwei Kupferstäbe eingesteckt werden können, die an den Electroden des Gefässes für die Rotation angelöthet sind.

Auf dieses Brettchen legt man zunächst den Holzblock *S*, der das Gefäss zu tragen hat. Dieser Klotz ist mit einem Loch in der Mitte und mit einer Rinne an der Seite versehen, durch welche die Stücke *c* und *d* hindurchgehen.

1) Annales de Chimie et de Physique, 5. Série, t. LV p. 326.
2) Ibidem, 3. Série, t. LVIII p. 90.

Digitized by Google

Das ringförmige Gefäss V besteht aus zwei concentrischen Röhren, die von unten in eine Glasscheibe eingekittet und an zwei Kupferstäbe angelöthet sind, welche in die Rohre C und D hineingehen, wenn das Gefäss an Ort und Stelle ist. Man giesst dann in dieses angesäuertes Wasser oder Kupfervitriollösung und bringt in diese Flüssigkeit einen Schwimmer, der aus einem geschwärzten Korkringe besteht und zwei verticale Stäbe trägt, die durch ein horizontales Querstück verbunden sind. Dieses Querstück ist in der Mitte mit einem kleinen Loche versehen, durch das ein an der Axe der centralen Röhre befestigter Zeiger hindurchgeht, um den sich der Schwimmer mit Leichtigkeit drehen kann.

Ausserhalb des Gefässes bringt man die Drahtspirale G an. Die beiden an die Drahtenden angelötheten Oehre a und b gehen dann zu den Klemmen A und B herab, deren Schrauben fest angezogen werden.

Ist Alles so angeordnet, so geht der Strom, wenn man bei P und N die Pole einer kleinen Batterie von 4 Bunsen'schen Elementen einschaltet, so dass er bei P eintritt, von hier durch A zur Drahtspirale und tritt bei B aus. Die Kupferlamelle BC führt ihn dann zum Stift c in der Mitte des Gefässes und hier breitet er sich in der Flüssigkeit aus; aus dieser tritt er durch die äussere Gefässwand aus und wird durch das Rohr D und den Streifen DN zur Batterie zurückgeleitet.

Die Flüssigkeit wird sich dann rasch drehen und der Schwimmer wird ihre Bewegung ausserhalb der Drahtspirale wahrnehmbar machen. Senkt man nun die dicke eiserne Röhre FF mittelst ihres Henkels zwischen die Drahtspirale und das Gefäss ein, so geht der Schwimmer langsamer, hört auf sich zu bewegen und beginnt erst wieder seine Bewegung, wenn das Eisenrohr herausgehoben wird.

Digitized by Google

Untersuchungen über die Fortpflanzung des Schwefelwasserstoffs beim Durchgange durch verschiedene Gase.

Von

Dr. H. H. Hildebrandsson.

(Aus den Acten der kgl. Societät der Wissenschaften zu Upsala vom Herrn Verfasser gütigst mitgetheilt.)

Unter den verschiedenen Arten, nach denen man sich vorstellen kann, dass ein Gas von einem Gefässe in ein anderes übergeht, sind die einzigen, die man bisher wirklich beobachtet hat: die Effusion, die Transpiration, die Diffusion und der Durchgang der Gase durch colloidale Substanzen und glühende Metalle. Man hat aus diesen verschiedenen Erscheinungen folgende Gesetze gefunden:

1) Setzt man voraus, dass das Gas in den leeren Raum durch eine Oeffnung ausfliesst, die in einer unendlich dünnen Wand angebracht ist, so weiss man, dass für diesen Fall die Geschwindigkeit der Gasmolecule beim Austritte aus der Oeffnung gleich derjenigen ist, welche ein Körper erlangt hätte, der vom oberen Niveau einer Luftsäule, deren Druck der gleiche wie der des Gases und deren Dichte homogen angenommen ist, bis zu dieser Oeffnung frei herabgefallen wäre, und dass also die „Effusion" für verschiedene Gase im umgekehrten Verhältnisse der Quadratwurzel aus der Dichte steht. Die hierauf bezüglichen Versuche von Graham[1]) haben die Genauigkeit dieses Gesetzes vollständig bewiesen.

2) Wenn dagegen das Gas durch ein Rohr von beträchtlichen Dimensionen gehen muss, wenn es in den leeren Raum ausströmt, so

1) On the Motion of Gases. Philos. Trans. 1846 pag. 573 und 1849 pag. 349. Ann. de Chim. et de Phys. Ser. III T. XXVIII etc. Siehe auch de Saint-Venant et Wantzel: Sur l'Ecoulement de l'air. Journ. de l'école Polyt. 1839. Cahier 27 pag. 85.

Digitized by Google

ist dieses Gesetz nicht mehr genau. Graham hat übrigens gefunden, dass die Ausflussgeschwindigkeiten verschiedener Gase selbst in diesem Falle untereinander in constanten Verhältnissen stehen, wenn die Länge der Röhre 4000mal grösser als der Durchmesser ist. Diesen Verhältnissen hat er den Namen der Transpirationsgeschwindigkeiten gegeben.

Indem er die Transpirationsgeschwindigkeit des Sauerstoffs gleich 1 setzte, fand er für Chlor 1,5, für Wasserstoff 2,26, für ölbildendes Gas, Ammoniak und Cyan 2, für Kohlensäure 1,37, für Sumpfgas 1,815, für Stickstoff und Kohlenoxyd eine Zahl, die gleich der Hälfte von der des Wasserstoffs war. Diese Zahlen zeigen keine einfache Beziehung mit den anderen bisher bekannten Eigenschaften der Gase. Die Transpiration hat übrigens denselben Werth in Röhren von verschiedenem Material, wenn nur ihre Dimensionen dieselben bleiben, während für ein bestimmtes Gas das Volumen, das ausgeflossen ist, mit der Dichte zunimmt, sei es, dass diese Zunahme durch Erkaltung oder Compression bewirkt wurde.

Poiseuille hat gezeigt, dass der Widerstand, den Capillarröhren dem Durchgange von Flüssigkeiten entgegensetzen, im umgekehrten Verhältnisse der vierten Potenz der Durchmesser wächst. Der Widerstand, den Gase bieten, wächst gleichfalls rasch, wenn die Röhren enger werden, allein das Gesetz dieser Zunahme ist bis jetzt vollständig unbekannt geblieben.

3) Die Gase dringen leicht durch poröse Materien wie durch Gyps, Graphit etc. Auch in Bezug auf die Eigenthümlichkeit, die man „Diffusion" genannt hat, verdanken wir Graham[1]) die ersten eingehenderen Studien. Dieser berühmte Physiker hat gefunden, dass, wenn zwei Gase durch eine poröse Scheidewand getrennt sind, die Diffusion durch die Ortsveränderung von unendlich kleinen Gasvoluminibus bewirkt wird. Diese Volumina sind jedoch nicht nothwendigerweise einander gleich; sie stehen vielmehr für verschiedene Gase im umgekehrten Verhältnisse der Quadratwurzel ihrer Dichte. Gegen dieses Gesetz hat Bunsen einige Einwendungen gemacht[2]), an denen er übrigens nicht mehr festhält, seitdem die wahrscheinliche Quelle für die Fehler, die sich in seinen Beobachtungen vorfinden, von Graham[3]) angegeben wurde. Graham hat überdies die Genauigkeit desselben Gesetzes

1) Edinburgh Transactions. Vol. XII pag. 222.
2) Gasometrische Methoden. Braunschweig 1857.
3) Proceedings of the Roy. Soc. Vol. XII. Pogg. Ann. CXX pag. 415.

Digitized by Google

für den Fall bewiesen, dass unter dem Drucke einer Atmosphäre ein Gas gezwungen wird, durch eine Scheidewand von Graphit in die Toricelli'sche Leere überzugehen. Daraus folgt, dass man eine solche Scheidewand nicht als eine Menge von Capillarröhren von äusserster Feinheit betrachten muss.

4) Endlich hat Graham[1]) noch den Durchgang der Gase durch Kautschuck und andere colloidale Substanzen studirt. Er erklärt diese Erscheinungen durch die Annahme, dass die Gase bei ihrem Durchgange durch diese Materien absorbirt und condensirt werden und dass sie dann an der anderen Seite der Scheidewand wieder in die Gasform übergehen. Auf gleiche Weise erklärt er den Durchgang der Gase durch glühende Metallstreifen, trotz der hohen Temperatur, bei der diese Experimente angestellt wurden. Die Thatsache, dass rothglühendes Silber das 18 bis 20fache seines Volums Sauerstoff absorbirt, lehnt sich direct an diese Hypothese an. Nichtsdestoweniger verwirft Graham nicht die Hypothese von Saint Claire Deville, welcher — er hatte vor ihm diese Erscheinung mit Troost studirt — den Durchgang des Gases der Porosität des Metalles zuschreibt, die mit der Wärme in Folge der Ausdehnung der intermolecularen Zwischenräume wächst. Diese Hypothese ist um so wahrscheinlicher, da der Wasserstoff, das am meisten diffusible Gas, am leichtesten durch Platin bei hoher Temperatur hindurchgeht.

---

1. Nach dieser summarischen Uebersicht der Gesetze, die man bisher für die Bewegungen der Gase gefunden hat, wollen wir nun zu dem Falle übergehen, dass die Gase sich durch einander ausbreiten, ohne durch irgend eine permeable Scheidewand getrennt zu sein. Um diese Art des Durchganges von der Diffusion im eigentlichen Sinne zu unterscheiden, will ich sie „Propagation" der Gase nennen.

Gegen die Theorie über die Molecular-Bewegungen der Gase, welche von Clausius veröffentlicht wurde, hat Buys Ballot unter Anderem den Einwand[2]) gemacht, dass, wenn die Gasmolecule sich mit enormer Geschwindigkeit in geraden Linien bewegten, daraus folgen würde, dass zwei verschiedene Gase sich augenblicklich mischen würden, wenn man sie in einen gemeinsamen Raum brächte. Gleichwohl ist

1) Phil. Transactions 1866. Philos. Magazine Ser. 4 Vol. XXXII pag. 401. Annales de Chimie et de Physique. Ser. 4 T. XII pag. 497.

2) Pogg. Ann. Bd. CIII pag. 240.

Digitized by Google

bekannt, dass dem nicht so ist. Denn Kohlensäure z. B. kann lange Zeit am Boden eines offenen Gefässes bleiben und Bunsen hat in Bezug auf diesen Punct folgendes Experiment angestellt. Er füllte den unteren Theil einer Röhre mit einem schweren und gefärbten Gase und brachte darüber eine Säule von diaphaner Luft; sobald die Luft im oberen Theile der Röhre mittelst einer Luftpumpe verdünnt war, sah man das gefärbte Gas sich ausdehnen und in der Röhre emporsteigen. Später hat Clausius gezeigt[1]), dass dies vollständig mit seiner Theorie übereinstimmt. Er hat dargethan, dass die mittlere Länge der von den Gasmoleculen durchlaufenen Wege unendlich klein sein muss, was leicht begreiflich ist, wenn man bedenkt, dass die Anzahl der Molecule ungemein gross ist, dass sie sich mit enormen Geschwindigkeiten nach allen möglichen Richtungen hin bewegen und dass sie sich also begegnen und an einander stossen müssen. Hieraus folgt, dass zwei Gase sich erst nach ziemlich langer Zeit mischen können. Oeffnet man z. B. einen Hahn, welcher zwei verschiedene Gase trennt, wovon das eine in einer sehr langen Röhre sich befindet, so sieht man, dass im ersten Momente, nachdem die Communication hergestellt wurde, die Concentration des Gases, das sich in die Röhre ausbreitet, rasch mit dem Abstande vom Hahne abnimmt, ohne jedoch bei unendlichem Abstande auf 0 herabzusinken und dass sie sodann in jedem Querschnitte der Röhre zunimmt. Nimmt man die Distanz von der Oeffnung als Abscisse und zieht man von jedem Puncte derselben eine Ordinate, die der Quantität des Gases, das bis zum entsprechenden Querschnitt vorgedrungen ist, proportional ist, so erhält man eine Curve, welche beim Beginne des Versuches sich rasch gegen die Abscisse senkt und die in geringem Abstande vom Anfange fast mit dieser zusammenfällt, deren Neigung aber dann immer mehr beim weiteren Verlaufe des Versuches abnimmt. Es lässt sich dies durch einen einfachen Versuch beweisen und ich habe diesen angestellt, um mir eine erste Idee von der Erscheinung zu verschaffen.

2. **Vorläufige Versuche.** Ich nahm eine mit Brom gefüllte Flasche, schloss deren Oeffnung mit einem Pfropf, durch den vertical eine graduirte Glasröhre hindurchging, die an ihrem oberen Ende geschlossen war. Die Röhre hatte einen Durchmesser von ungefähr 1,5 Ctm. und eine Länge von 31 Ctm. Während nun hierauf das rothe Bromgas

1) Ueber die mittlere Weglänge der Molecule etc. Pogg. Ann. Bd. CV pag. 239.

Digitized by Google

langsam in der Röhre zu steigen anfing, konnte man hinreichend genau die obere Fläche des Gases unterscheiden und die Höhe derselben konnte an der Theilung abgelesen werden, solange die Höhe des Gases nicht 1 — 2 Ctm. überschritt; allmälig wurde aber diese Oberfläche immer schwächer und die Bromsäule wurde im oberen Theile immer durchsichtiger. Nach einer Stunde etwa konnte man wahrnehmen, dass das Gas bis zum oberen Ende der Röhre vorgedrungen war und man sah nun alle möglichen Nuancen von einem dunklen Roth bis zu einer kaum wahrnehmbaren Färbung.

Saussure hat ein eigenthümliches Experiment erwähnt[1]), das vom Abbé Fontana angestellt wurde. „Dieser geistreiche Physiker," sagt er, „hat durch zahlreiche und möglichst weit ausgeführte Experimente dargethan, dass unter den für die Destillation günstigsten Umständen, d. h. wenn die Retorte sehr stark erwärmt und die Vorlage sehr weit abgekühlt ist, doch keine Destillation statthat; es geht kein Tropfen von der Flüssigkeit über, wenn die Retorte mit der Vorlage nicht durch einen langen, geraden und hermetisch verpichten Hals verbunden ist." Ich habe deshalb ein anderes vorläufiges Experiment angestellt, um mich von der ungemeinen Langsamkeit zu überzeugen, womit die Gase sich durch einander ausbreiten. Mein Versuch war mit dem von Fontana vollständig analog. Zwei kugelförmige Ballons, deren Umfang beziehungsweise 0,595 M. und 0,425 M. betrug, waren mittelst einer Röhre von etwa 1 Zoll Weite und mehr als einem halben Meter Länge vereinigt, welche eine vollständig horizontale Lage erhalten hatte. Die Ballons waren an ihren oberen Enden mit Tubulus versehen, die mit Propfen verschlossen waren, durch welche hindurch Thermometer gingen, deren Kugel bis in die Mitte der Ballons hinabreichten. In den grösseren derselben waren zwei Thermometer gebracht, deren eines eine mit Zeug umwickelte und mit Wasser befeuchtete Kugel besass, so dass die beiden Thermometer ein vollständiges August'sches Psychrometer bildeten. In den anderen Ballon war nur ein befeuchtetes Thermometer gebracht. Nachdem der Apparat hermetisch verschlossen war, begannen die befeuchteten Thermometer augenblicklich zu steigen, was anzeigte, dass die eingeschlossene Luft sich mit dem Dampfe des Wassers sättigte, das von den feuchten Umhüllungen verdunstete. Nach zwei Stunden etwa standen alle drei Thermometer gleich hoch; in diesem Momente wurde der kleinere

1) Essais sur l'Hygrometrie. Neuchâtel 1783 pag. 192.

Digitized by Google

Ballon von schmelzendem Schnee eingehüllt und das darin befindliche Thermometer sank in drei Viertelstunden fast auf 0 herab. Nun hätte man erwarten sollen, dass der Wasserdampf vom wärmeren zum kälteren Ballon überdestilliren und dass folglich das befeuchtete Thermometer des letzteren sinken würde, was aber keineswegs stattfand; dieses Thermometer blieb 24 Stunden lang unbeweglich. Nach dieser Zeit wurden die Thermometer aus dem Ballon herausgezogen und sogleich sank das feuchte Thermometer um mehrere Grade unter das trockene herab, was beweist, dass es nicht ausgetrocknet war. Der Versuch wurde mit dem gleichen Erfolge wiederholt und diesmal wurde der kleine Ballon mit Schnee umgeben, bevor die eingeschlossene Luft mit Wasserdampf gesättigt war. Immer stieg das feuchte Thermometer im anderen Ballon fort bis zu der vom trockenen Thermometer angezeigten Temperatur und sie blieben dann während mehr als 24 Stunden gleich, worauf sie herausgenommen wurden.

Bei einem dritten noch entscheidenderen Versuche wartete ich, bis die Luft im Apparate vollständig gesättigt war. Dann wurde der Pfropfen des kleinen Ballons sammt dem Thermometer weggenommen, eine beträchtliche Quantität concentrirter Schwefelsäure hineingegossen und das Thermometer wieder an seinen Platz gebracht, nachdem es so rasch als möglich vollständig getrocknet war. In Folge der Absorption des Wasserdampfes durch die Säure stieg die Temperatur in diesem Ballon um einen Grad. Dies erzeugte eine Bewegung in der im Apparate eingeschlossenen Luft und das Psychrometer im anderen Ballon sank um 0,2°; allein sobald die Lage des Apparates geändert wurde, so dass der kleine Ballon höher stand als der grosse, stieg es bis zur Temperatur des trockenen Thermometers und blieb auf dieser Höhe drei Tage lang. Am vierten Tage, nachdem die Temperatur des Zimmers von 15,0° (der Anfangstemperatur) auf 12,2° gesunken war, waren die inneren Wände des grossen Ballons ganz mit Thau bedeckt. Am sechsten Tage war die Temperatur von Neuem auf 15,6° gestiegen und der Thau war verschwunden. Am folgenden Tage wurde das Psychrometer herausgenommen und das feuchte Thermometer sank um 0,5° unter das andere, was beweist, dass es nach sieben Tagen noch nicht alle Feuchtigkeit verloren hatte.

3. Während ich mich mit diesen Versuchen beschäftigte, lernte ich die von Jungk[1]) über die Fortpflanzung des Wasserdampfes

1) Pogg. Ann. d. Phys. u. Chemie. 1867 p. 1.

Digitized by Google

kennen; er wendete ein Darmsaitenhygrometer an, welches eine horizontale Nadel trug, deren Bewegungen in derselben Weise beobachtet wurden, wie die der Magnetnadel an der Torsionswage. Die verticale Röhre des Apparates wurde von einer anderen weiteren Röhre umgeben, von der sie durch einen mit Quecksilber gefüllten Zwischenraum getrennt wurde, in den eine dritte Röhre parallel zu den beiden anderen mehr oder weniger tief eingesenkt werden konnte. Das obere Ende dieser Röhre war mit einer Platte von polirtem Glase geschlossen, durch die ein Loch gebohrt war, über das eine andere, mit zwei Löchern versehene Platte gelegt werden konnte. Ueber diese Löcher waren zwei umgekehrte cylindrische Gläser gebracht, wovon das eine mit Chlorcalcium, das andere mit feuchtem Filtrirpapier gefüllt war. Zog man die obere Platte auf die eine oder andere Seite, so konnte man die Darmsaite mit einem beliebigen dieser Gefässe in Verbindung setzen, und indem man die mittlere Röhre im Quecksilber hob oder senkte, konnte der Abstand zwischen den Gefässen und dem oberen Theile des Hygrometers beliebig vergrössert oder verkleinert werden.

Da die Luft im Apparate vollständig ausgetrocknet war, so wurde das Wassergefäss mit der Röhre in Verbindung gesetzt. Der Wasserdampf stieg in dieser letzteren herab und man beobachtete die Zeit, die verfloss, bis der Zeiger sich um ein Vierhundertel eines ganzen Umganges gedreht hatte. Der Apparat wurde sodann derart umgeändert, dass der Dampf sich in entgegengesetzter Richtung bewegen konnte, d. h. von unten nach oben. Die mit viel Sorgfalt ausgeführten Versuche führten zu folgenden Resultaten:

1) Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Wasserdampfes war die gleiche von oben nach unten als bei entgegengesetzter Richtung.

2) Die Zeit, welche der Zeiger nöthig hatte, um ein Vierhundertel eines Umganges zu durchlaufen, war proportional der Distanz des feuchten Gefässes vom Hygrometer.

3) Die Zeit, welche verfloss vom Beginne der Bewegung des Zeigers bis zu dem Puncte, wo die genannte Ablenkung erreicht war, erfuhr ebenfalls eine Zunahme mit dieser Distanz. Kurz Jungk schliesst daraus, dass die Zeit, welche eine bestimmte Quantität Dampf nöthig hat, um zum oberen Ende der Darmsaite zu gelangen, proportional der Distanz der Dampfquelle ist, und dass die Masse dieses Dampfes sich in der Richtung der Bewegung um so mehr ausdehnt, je langsamer sie sich bewegt hat.

Digitized by Google

4. Die Versuche von Jungk konnten übrigens nicht über 50 Mm. ausgedehnt werden, und bei dieser Distanz begannen schon Ungenauigkeiten sich bemerklich zu machen. Es wäre also wünschenswerth, dass diese Bestimmungen nach einer anderen Methode und innerhalb weiterer Grenzen wiederholt würden. Man könnte z. B. mit Hilfe chemischer Analyse die Quantität eines Gases oder Dampfes bestimmen, die während einer bestimmten Zeit durch eine Röhre von gegebenen Dimensionen geht, wie dies Graham[1]), Fick[2]) und Beilstein[3]) bei ihren Studien über die Diffusion der Flüssigkeiten gethan haben. Würde man eine Röhre, die zweckmässig angebrachte Hygrometer enthielt, einmal mit einem trockenen Gefässe, dann mit einem Gefässe voll Feuchtigkeit in Verbindung setzen, so könnte man vielleicht im Betreffe eines Dampfes, der von einer Flüssigkeit verdampft, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit durch Beobachtungen und Formeln finden, welche denen analog sind, deren sich Ångström zur Bestimmung des Wärmeleitungsvermögens der Körper bediente. Ich entschied mich übrigens dafür, mich vorläufig einer der Jungk'schen ganz analogen Methode zu bedienen, d. h. mittelst verschiedener Reagentien die Zeit zu suchen, welche das Gas braucht, um sich in der Röhre unter genau bestimmten Bedingungen fortzupflanzen, was eigentlich darauf hinauskäme, die mechanische Arbeit beim Jungk'schen Apparate durch eine chemische Arbeit zu ersetzen. Folgende sind die ersten Resultate einer solchen Untersuchung in Bezug auf die Fortpflanzung des Schwefelwasserstoffes beim Durchgange durch verschiedene Gase, worüber ich nun Bericht erstatten will.

5. Von allen bisher bekannten Hilfsmitteln, die chemische Zusammensetzung eines Körpers zu bestimmen, übertrifft keine die Spectralanalyse an Genauigkeit und Empfindlichkeit. Unglücklicherweise kann diese Methode auf den vorliegenden Fall nicht angewendet werden, denn der electrische Funken erzeugt in Folge der Erwärmung, die er in dem umgebenden Gase hervorbringt, daselbst Bewegungen, welche den Versuch vollständig stören würden.

Um diese Missstände zu beseitigen, habe ich versucht, mich der Absorptionslinien zu bedienen, welche entstehen, wenn ein Lichtstrahl durch gewisse Gase hindurchgeht — allein, wie wir sehen werden,

1) Liebig, Annalen Bd. LXXVII u. LXXX.
2) Pogg. Ann. Bd. XCIV.
3) Liebig, Annalen Bd. XCIX.

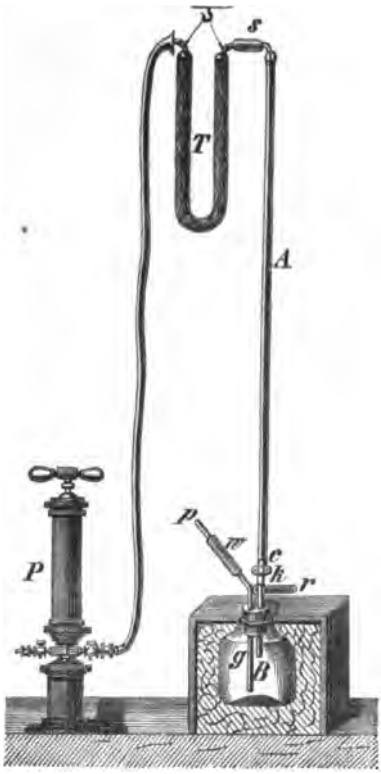
Digitized by Google

hat diese Methode nicht zu einer ausreichenden Empfindlichkeit geführt; es soll übrigens angegeben werden, wie diese Versuche ausgeführt worden sind. Nachdem ich einige Tropfen Brom in einen Glascylinder, welcher 13 Ctm. Länge bei einem Durchmesser von 6,5 Ctm. hatte und dessen Enden mit gut polirten Glasplatten geschlossen waren, gegossen hatte, beobachtete ich mittelst eines Spectroscopes „à vision directe" den Lichtstrahl, der durch den Cylinder in der Richtung der Axe hindurchging. Ich zog sodann den Glaspfropf heraus, der ein an der Seite des Cylinders befindliches, kreisförmiges Loch schloss, und das Bromgas floss langsam heraus. Es verschwanden dann die Absorptionslinien, bevor die röthlichen Dämpfe mit blossem Auge sichtbar zu sein aufhörten — ein Umstand, der übrigens auch vorauszusehen war.

Da die Methode, die Spectrallinien anzuwenden, sich als unwirksam ergeben hatte, so blieb nichts mehr übrig, als die gewöhnlichen chemischen Reagentien. Von allen Reagentien zur Ermittelung von Schwefelwasserstoffgas sind sicher die Quecksilber- und Bleisalze die empfindlichsten. In der That zeigt ein Stück satinirten Papieres, auf das man Bleistiftstriche gezogen hat, die Gegenwart einer fast unmerklichen Quantität von Schwefelwasserstoffgas an. Die Bleistiftstriche, vorerst von matter und unbestimmter Farbe, nahmen nach der ersten Berührung mit dem erwähnten Gase eine röthliche Färbung an, die man sehr leicht erkennt; sodann wird die Oberfläche des Papieres selbst allmählig angegriffen und wird, nachdem sie mehrere Nuancen durchlaufen hat, fast ganz schwarz. Es wurden nun von einem solchen Papier die Scalen in folgender Weise präparirt: auf einem grossen Blatte satinirten Papieres zog man mit Bleistift parallele Linien von fünf zu fünf Millimeter Abstand; davon schnitt man dann Streifen von gleicher Breite ab der Art, dass jeder von ihnen in kleine Quadrate von fünf Millimeter getheilt war, und markirte darauf die Zahl eines jeden Quadrates. Wurden diese Scalen in die Röhre gebracht, so konnte ich mit einer Genauigkeit von einem halben Theilstrich oder $^1/_4$ Ctm. beobachten. Da aber diese Scalen den Missstand hatten, dass sie beträchtliche Gasquantitäten absorbirten, so wurden sie bei den letzten Experimenten, durch welche man die absolute Fortpflanzungsgeschwindigkeit finden wollte, durch andere Streifen von gewöhnlichem Velinpapier ersetzt, welche auf dieselbe Art graduirt waren und bei jedem Theilstrich kleine Puncte aus verschiedenen Reagentien trugen.

Digitized by Google

6. Beschreibung des Apparates. Ein Glasballon *B* (nebenstehende Figur) wurde mit einem Kautschuckpfropfen versehen, durch den zwei Löcher gebohrt waren. Durch das eine dieser Löcher ging das Glasrohr *g*, welches fast bis auf den Boden des Ballons hinabreichte und das man am anderen Ende mittelst einer Kautschuckröhre *w* und des Glasstabes *p* schliessen konnte. In das andere Loch wurde eine Messingröhre eingesetzt, die mit einem Dreiweghahne *k* versehen war, der mit der seitlichen Röhre *r* communicirte. Mittelst des Schraubenbandes *c* konnte der Ballon in Verbindung mit der Glasröhre *A* gesetzt werden, an der man die Scala mit etwas Wachs befestigt hatte. Die Abänderungen, welche der Apparat bei den Versuchen erfuhr, werden in der Folge angegeben werden.



7. Beobachtungsweise. Wir wollen nun beschreiben, wie die Beobachtungen angestellt wurden. Ich füllte vorerst den Ballon mit Schwefelwasserstoffgas, indem ich länger als eine Stunde einen sehr starken Strom dieses Gases hindurchgehen liess, das wohlgetrocknet war und durch die Glasröhre *g* eintrat und durch die kleine seitliche Röhre *r* austrat; sodann nahm ich an, dass die Luft aus dem Ballon vollständig ausgetrieben war. Sodann blieb der Ballon beständig geschlossen und um daraus das Luftquantum, das während eines vorhergehenden Versuches in denselben eingedrungen wäre, auszutreiben, trieb man vor jedem Versuche das Gas wenigstens eine Viertelstunde lang durch den Ballon hindurch. Ich habe übrigens durch einen directen Versuch gefunden, dass das ganze Luftquantum, das während der Dauer eines Versuches in den Ballon eindringt, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit nur sehr wenig ändert, woraus man schliessen muss, dass die Quantität Luft, die trotz der angegebenen Vorsichtsmassregeln an den Wänden des Ballons adhäriren kann, gänzlich vernachlässigt werden konnte. Beim Beginne der Versuche wurde der Schwefel-

Digitized by Google

wasserstoff mittelst Schwefeleisen und Chlorwasserstoffsäure dargestellt; da ich aber fürchtete, dieses Gas möchte mit etwas Wasserstoff gemischt sein, so wendete ich für die in der Tabelle *D* und den folgenden enthaltenen Beobachtungsreihen reines Schwefelwasserstoffgas an, das durch Erwärmen derselben Säure mit Schwefelantimon dargestellt wurde. Das Gas wurde immer im Wasser ausgewaschen, bevor es in die mit Chlorcalcium gefüllte Austreibungsröhre eintrat. Die Luft wurde sorgfältig aus dem Apparate ausgetrieben, bevor er mit dem Ballon in Verbindung gesetzt war.

War der Ballon auf diese Weise gefüllt, was immer in einem Locale ausgeführt wurde, das kälter als das Local war, in dem die Beobachtungen angestellt wurden, so brachte man ihn in dieses Local, das ein grosser nach NO. gelegener Saal war. Hier blieb er lang genug (von $^3/_4$ bis 24 Stunden) um die Temperatur der umgebenden Luft annehmen zu können. Nach Verlauf dieser Zeit wurde er mit Baumwolle umhüllt und in einen Kasten von Weissblech gebracht oder mit einem grossen wollenen Tuche umgeben. Die Temperatur des Saales blieb auf $0{,}2^0$ bis $0{,}3^0$ vollkommen constant während der Dauer eines Versuches. Ausserdem war bei den in der Tabelle *E* und den folgenden enthaltenen Beobachtungsreihen ein Thermometer in den Ballon gebracht, wodurch man sich überzeugen konnte, dass die Temperatur in demselben in der That constant blieb. Uebrigens waren alle Vorsichtsmassregeln getroffen, um rasche Temperaturänderungen zu vermeiden. Nachdem Alles so angeordnet war, öffnete man auf einen Augenblick den Hahn. Ein Theil des erwärmten Schwefelwasserstoffs strömte aus und der Druck aussen und innen im Ballon setzte sich ins Gleichgewicht. War sodann die Röhre *A* an ihren Platz gebracht, so wurde ein Luftstrom mittelst der Druckpumpe *P* durch die Austrocknungsröhren *T* und die Röhre *A* hindurch getrieben, der dann durch die kleine seitliche Röhre austrat. Die Luft gab ihren Wasserdampf in der Röhre *T* ab und nach einigen Minuten nahm man an, dass die Röhre *A* mit vollständig trockener Luft gefüllt war. Hierauf schloss man die Kautschuckröhre *v* und drehte den Hahn in der Art, dass die Röhre *A* in Verbindung mit dem Ballon gesetzt und die seitliche Röhre geschlossen wurde. Gleichzeitig wurde der Barometerstand notirt und hierauf die Beobachtungen in Intervallen angestellt, die durch ein Chronometer bestimmt wurden. Wir wollen nun zur Betrachtung der verschiedenen angestellten Beobachtungsreihen übergehen.

Digitized by Google

1. Einfluss der Fortpflanzungsrichtung.

8. Jungk hat bei seinen Versuchen gefunden, dass der Wasserdampf durch gut ausgetrocknete Luft mit derselben Geschwindigkeit in der Richtung von oben nach unten als in der entgegengesetzten Richtung hindurchgeht. Ich nahm mir deshalb vor Allem vor, dieses Gesetz für Schwefelwasserstoffgas zu verificiren. Die Dimensionen des Apparates waren für diesen Fall:

Volum des Balons Nr. 1 = 522,94 Cubik-Ctm.

Länge der Röhre Nr. 1 = 1,02 M., der Röhre Nr. 2 = 1,10 M.

Querschnitt[1]) d. Röhre Nr. 1 = 2,079, der Röhre Nr. 2 = 1,404 □Ctm.

Durchmesser der Oeffnung des Hahnes = 3,65 Mm.

Um soviel als möglich alle Unregelmässigkeiten zu beseitigen, die durch Luftströme hervorgerufen werden, welche entstehen, wenn man den Hahn öffnet, hatte ich an der Röhre *A*, nahe am Bande *c*, einen Pfropf angebracht, der mit Paraffin getränkt war und durch den eine kleine Glasröhre von 52,6 Mm. Länge und 4,6 Mm. Durchmesser hindurchging. Auf solche Weise hatte das Schwefelwasserstoffgas vor seinem Eintritt in die Röhre sowohl den Hahn als die kleine Glasröhre zu durchlaufen. Die Beobachtungen umfassen 600 Mm., wovon 300 Mm. auf jede Seite von der Mitte der Röhre kommen.

14 Beobachtungsreihen zeigten, dass das von Jungk gefundene Gesetz auch für den vorliegenden Fall seine Richtigkeit hat. Ich halte es für unnöthig, die gefundenen Zahlen mitzutheilen, um so mehr als dieses Gesetz klar aus der Vergleichung der Zahlen der folgenden Experimente hervorgeht, bei welchen der Ballon in der Höhe sich befand, und aus denen, bei welchen er unten aufgestellt war. Letztere sind in den folgenden Tabellen mit *S*, erstere mit *J* bezeichnet. Ausserdem bezeichnet der Buchstabe *H*, dass die Röhre horizontal gelegt war, und der Buchstabe *O*, dass sie mit dem Horizonte einen Winkel von 45° bildete, wobei der Ballon am obern Ende sich befand[2]).

2. Einfluss der Capacität des Ballons.

9. Bei den Versuchen von Jungk befand sich beständig Wasser im feuchten Cylinder, woraus folgt, dass die darin enthaltene Luft

1) Die Röhren wurden geaicht, nachdem die Scala an ihren Platz gesetzt war.

2) In diesem Falle, wie bei den meisten Fällen, bei denen die Fortpflanzung von oben nach unten statthatte, war das untere Ende der Röhre in ein Quecksilberbad getaucht und die ausgetriebene Luft mittelst einer kleinen gekrümmten Röhre eingeführt, die man sodann herauszog.

Digitized by Google

beständig gesättigt war. Bei den Untersuchungen, von denen wir in dieser Abhandlung Bericht erstatten, vermischte sich dagegen das Gas im Ballon allmählig mit der Luft in der Röhre. Es war also nöthig, zu untersuchen, welchen Einfluss die Capacität des Ballons haben könnte. Zu diesem Behufe wurden zwei Beobachtungsreihen angestellt. Bei den drei ersten Versuchen, die in der Tabelle *A* enthalten sind, war der Apparat derselbe, wie der früher angewendete und oben beschriebene. Bei den drei folgenden derselben Tabelle wurde der Ballon Nr. 1 durch einen anderen viel grösseren Nr. 2 = 2621,95 Cubikcentimeter ersetzt. Bei beiden Versuchsreihen wurde die Röhre Nr. 2 angewendet. Der Nullpunct der Scala, von dem aus die Beobachtungen gerechnet wurden, lag bei 24,34 Ctm. der Oeffnung der kleinen Röhre, die in dem Pfropfen bei *c* angebracht war. Der Abstand zwischen dieser Oeffnung und der des Hahnes war gleich 12,96 Cubikmeter. Ich habe bei allen Versuchen als Zeiteinheit die **Minute**, als Längeneinheit den **Centimeter** genommen. *H* bezeichnet den auf 0·6 reducirten Barometerstand in Millimetern, und *t* die Temperatur des Beobachtungssaales, in dem der Versuch angestellt wurde.

Tabelle A.

I. $H = 755{,}16$, $t = 15^0{,}9 - 15{,}8^0$. II. $H = 745{,}95$, $t = 13{,}1^0 - 12{,}9^0$. III. $H = 746{,}71$, $t = 12{,}8^0 - 12{,}4^0$. IV. $H = 749{,}56$, $t = 12{,}0^0$ const. V. $H = 750{,}43$, $t = 13{,}1^0$ const. VI. $H = 744{,}86$, $t = 12{,}2^0$ const.

Zeit	I. *J*	II. *J*	III. *J*	*M*	Diff.	M_1	IV. *S*	V. *S*	VI. *J*
2,5	4,0	3,75	3,5	**3,75**	+ 0,25	**3,50**	3,5	3,5	3,5
5	8,0	6,5	7,0	**7,17**	+ 0,26	**6,91**	7,75	6,5	6,5
7,5	10,75	9,5	10,0	**10,08**	— 0,54	**10,62**	11,0	10,25	—
10	13,75	12,0	12,0	**12,58**	— 0,92	**13,50**	14,5	13,5	12,5
12,5	16,75	14,5	15,25	**15,50**	— 0,50	**16,00**	16,75	16,0	15,25
15	—	17,5	17,5	**17,50**	— 0,83	**18,33**	18,25	18,75	18,0
17,5	21,25	20,25	20,25	**20,58**	— 0,50	**21,08**	21,5	21,0	20,75
20	—	23,0	22,75	**22,87**	— 0,46	**23,33**	23,5	23,5	23,0
22,5	25,25	25,25	25,0	**25,17**	— 0,66	**25,83**	26,25	25,75	25,50
27,5	29,5	30,25	29,25	**29,66**	— 1,00	**30,66**	31,5	30,5	30,0
32,5	35,0	34,75	33,75	**34,50**	0,00	**34.50**	34,5	34,0	35,0
40	—	—	40,25	**40,25**	+ 0,13	**40,12**	39,0	—	41,25
47,5	47,25	48,25	47,75	**47,75**	+ 1,13	**46,62**	—	46,0	47,25
52,5	50,5	52,25	51,25	**51,33**	+ 0,33	**51,00**	—	50,0	51,50
57,5	—	55,5	54,25	**54,88**	— 0,12	**55,00**	—	—	55,0

Aus diesen Zahlen ergibt sich, dass die **Capacität des Ballons keinen Einfluss auf die Fortpflanzungsgeschwindigkeit hat, wenigstens innerhalb der Grenzen, welche diese Versuche umfassen.**

Digitized by Google

In der Folge habe ich nur den Ballon Nr. 2, d. h. den grösseren angewendet.

3. Einfluss der Elasticität des Gases.

10. Die Form des Apparates liess es nicht zu, unter einem anderen Drucke als dem der Atmosphäre zu arbeiten. Der Einfluss des Druckes ist folglich meinerseits nicht Gegenstand directen Studiums gewesen. Doch habe ich folgende Reihen für weit abstehende Barometerstände erhalten. Die Reihen VII und VIII wurden mit Hilfe des Ballons Nr. 1 unmittelbar nach den Reihen I—III ausgeführt. IX und X wurde bei einer andern Gelegenheit mit Hilfe des Ballons Nr. 2 angestellt.

Tabelle B.

VII. $H = 770{,}50$, $t = 12{,}6^0$—$12{,}8^0$. VIII. $H = 769{,}75$, $t = 12{,}6^0$ —$12{,}3^0$. IX. $H = 735{,}37$, $t = 12{,}2^0$ const. X. $H = 735{,}95$, $t = 12{,}3^0$ const.

Zeit	VII. J	VIII. S	M	Diff.	M_1	IX. J	X. J
2,5	3,25	3,25	**3,25**	0,87	**4,12**	4,25	4,0
5	6,25	6,0	**6.12**	1,50	**7,62**	7,75	7,5
7,5	8,5	9,0	**8,75**	1,50	**10,25**	—	10,25
10	11,25	11,0	**11,12**	2,50	**13,62**	13,75	13,5
12,5	13,75	13,5	**13,62**	2,88	**16,50**	—	16,5
15	16,0	16,5	**16,25**	2.75	**19,00**	19,25	18,75
17,5	18,75	18,75	**18,75**	3,00	**21,75**	22,0	21,5
20	20,75	21,25	**21.00**	2,12	**23,12**	24,5	23,75
22,5	23,5	23,25	**23,37**	2,63	**26,00**	—	26,0
27,5	28,25	28,5	**28,37**	4,00	**32,37**	32,5	32,25
32,5	32,75	33,0	**32,87**	3,63	**36,50**	37,0	36,0
37,5	37,0	37,5	**37,25**	3,75	**41,00**	41,0	—
42,5	40,5	40,75	**40,62**	3,88	**44,50**	44,5	—
45	—	—	—	—	**45,87**	46,25	45,5
47,5	44,0	44,25	**44,12**	—	—	—	—

Aus diesen Resultaten kann man schliessen, **dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit abnimmt, wenn der Druck wächst.** Ich denke übrigens, dass diese Versuche weder hinreichend zahlreich, noch genau genug sind, um dieses Resultat als vollständig genau betrachten zu können.

4. Einfluss des Durchmessers der Hahnöffnung und der Röhre.

11. Die unten angeführten Versuchsreihen XI und XII wurden mit demselben Apparate ausgeführt wie IV—VI, nur der Hahn war

Digitized by Google

durch einen andern ersetzt, dessen Oeffnung nur 2,5 Mm. Durchmesser hatte und an dem die Distanz zwischen dieser Oeffnung und dem Schraubenbande um 5 Mm. kürzer war, als beim ersten. Gleichwohl begannen die Beobachtungen in der gleichen Distanz der kleinen Röhre bei *c*. In der Reihe XIII und XIV war die Röhre Nr. 2 durch eine andere Nr. 3 von der gleichen Länge ersetzt, aber von einem Durchmesser von 8,68 Mm.

Tabelle C.

XI. $H = 759{,}11$, $t = 18{,}1^0 - 18.0^0$. XII. $H = 747{,}21$, $t = 17{,}0^0 - 17{,}1^0$. XIII. $H = 757{,}63$, $t = 17{,}8^0$ const. XIV. $H = 746{,}06$, $t = 17{,}1^0 - 17{,}0^0$.

Zeit	XI. J	XII. J	M	Diff.	M_1	XIII. J	XIV. J
2,5	3,5	3,25	**3,37**	0,87	**2,50**	2,5	2,5
5,0	6,0	6,25	**6,12**	1,00	**5,12**	5,0	5,25
7,5	8,5	8,75	**8,62**	1,00	**7,62**	7,5	7,75
10	11,25	11,25	**11,25**	1,25	**10,00**	10,0	10,0
12,5	14,0	14,0	**14,00**	2,38	**11,62**	11,5	11,75
15	16,5	16,25	**16,37**	2,62	**13,75**	14,0	13,5
20	20,5	—	**20,50**	2,88	**17,62**	17,75	17,5
22,5	21,75	23,0	**22,37**	3,00	**19,37**	19,5	19,25
25	25,0	25,0	**25,00**	4,13	**20,87**	21,0	20,75
27,5	—	27,0	**27,00**	4,25	**22,75**	22,75	—
30	29,5	—	**29,50**	4,63	**24,87**	25,0	24,75
32,5	31,5	31,5	**31,50**	4,75	**26,75**	26,75	26,75
37,5	35,25	35,5	**35,37**	4,87	**30,50**	30,5	30,5
42,5	38,0	39,5	**38,75**	4,75	**34,00**	34,0	34,0
47,5	41,0	42,75	**41,87**	4,12	**37,75**	38,0	37,5
52,5	44,5	46,5	**45,50**	4,00	**41,50**	41,5	—
57,5	47,75	50,25	**49,00**	4,00	**45,00**	45,0	—

Man sieht also erstens, **dass die Geschwindigkeit nicht unabhängig vom Durchmesser der Röhre ist, sondern dass sie im Gegentheile in der weiteren Röhre grösser ist;** zweitens, wenn man das Mittel aus den Reihen XI und XII mit dem der Reihen IV—VI vergleicht, **dass eine Abnahme der Hahnöffnung eine Abnahme der Geschwindigkeit bewirkt,** und endlich, wenn man die Differenzen in der vorstehenden Tabelle betrachtet, **dass die Geschwindigkeit in der weiteren Röhre rascher abnimmt,** was man leicht begreifen kann. Da nämlich die gleiche Quantität Gas in die beiden Röhren gleichzeitig eintritt, so bewegt sich die in der weiteren Röhre enthaltene freier, allein sie wird bei ihrer Ausbreitung auf ein grösseres Volumen nothwendiger Weise dünner.

Digitized by Google

5. Erste Versuche über die Geschwindigkeit beim Durchgang durch verschiedene Gase.

Da der Durchmesser des Hahnes und der Röhre nicht ohne Einfluss auf die Fortpflanzungsgeschwindigkeit ist, so war es nothwendig, einen Hahn anzuwenden, dessen Durchmesser genau gleich dem der Röhre ist. Ich verschaffte mir einen solchen Hahn für die Röhre Nr. 3. Bei diesen Versuchen wurde der Pfropfen mit der kleinen Glasröhre bei *c* weggeschafft, die Zeit wurde vom Beginne des Oeffnens des Hahnes und die Distanzen von seiner Mitte gerechnet; im Uebrigen wurden die Beobachtungen auf die gleiche Weise wie früher ausgeführt. Bei dem Versuche XVIII war das vom Hahne abgewendete Röhrenende nicht geschlossen, sondern stand mittelst eines Kautschuckpfropfens mit einem grossen Glasballon in Verbindung, der seinerseits mit der freien Luft mittelst einer Röhre in Verbindung stand, welche mit Chlorcalcium gefüllt war.

Tabelle D.

XV. $H = 754{,}96$, $t = 16{,}1^0$ const. XVI. $H = 755{,}48$, $t = 15{,}9^0 - 16{,}1^0$. XVII. $H = 756{,}24$, $t = 16{,}8^0$ const. XVIII. $H = 753{,}19$, $t = 15{,}0^0$ const.

Zeit	XV. *J*	XVI. *J*	XVII. *H*	XVIII. *H*	*M*	Ber.	Diff.
2,5	19,5	—	19,5	19,5	**19,50**	**20,00**	+0,50
5	26,5	—	26,25	26,25	**26,33**	**26,21**	—0,12
7,5	31,0	32,0	31,0	31,0	**31,25**	**30,98**	—0,27
10	35,25	35,75	35,0	35,0	**35,25**	**35,00**	—0,25
12,5	38,5	39,0	38,0	38,25	**38,44**	**38,54**	+0,10
15	41,25	41,5	41,0	41,0	**41,19**	**41,74**	+0,55
17,5	43,5	44,5	43,5	43,75	**43,81**	**44,68**	+0,87
20	46,25	47,0	46,25	46,25	**46,44**	**47,42**	+0,98
22,5	48,75	49,25	48,5	48,75	**48,81**	**50,00**	+1,19
25	51,0	51,5	51,0	51,25	**51,19**	**52,43**	+1,24
27,5	53,0	53,5	53,0	53,25	**53,19**	**54,75**	+1,56
30	55,5	55,0	55,25	55,75	**55,38**	**56,96**	+1,58
35	59,0	59,0	59,5	60,75	**59,56**	**61,12**	+1,56
40	63,5	63,5	64,25	65,5	**64,19**	**65,00**	+0,81
45	—	67,0	68,5	70,25	**68,58**	**68,14**	—0,44
50	—	71,5	73,0	74,5	**73,00**	**72,08**	—0,92
55	—	75,5	76,5	77,75	**76,58**	**75,35**	—1,23
60	—	78,5	79,5	80,25	**79,41**	**78,48**	—0,93

Die berechneten Zahlen wurden gefunden mittelst der Formel:

$$(x - 5)^2 = 90.t$$

wo x die Distanz und t die Zeit bezeichnet. Diese beiden Grössen

Digitized by Google

sind also unter einander durch die Gleichung einer **Parabel** verbunden, deren Scheitel auf der Axe der x in dem Abstande $x = 5$ vom Anfangspuncte gelegen ist.

Die folgenden Versuche wurden auf die gleiche Weise angestellt, allein die Röhre war bei den in der Tabelle E enthaltenen Beobachtungen mit Wasserstoff, bei den in der Tabelle F enthaltenen Beobachtungen mit Kohlensäure gefüllt. Zu diesem Behufe liess ich, nachdem die Druckpumpe entfernt war, einen sehr starken Strom des Gases durch die Röhre hindurchgehen. Der Wasserstoff wurde mittelst Schwefelsäure und Zink, die Kohlensäure mittelst Salzsäure und kohlensaurem Kalk dargestellt. Beide Gase gingen durch zwei Austrocknungsröhren, bevor sie in die Röhre gelangten.

Tabelle E.

XIX. $H = 758{,}46$, $t = 11{,}8^0$ const. XX. $H = 766{,}96$, $t = 10^0{,}5$ const. XXI, $H = 762{,}37$, $t = 10{,}8^0$ const.

Zeit	XIX. J	XX. J	XXI. J	M	Ber.	Diff.
1	28,5	28,25	28,5	28.42	28.47	+0,05
2	38,0	37,75	38,0	37.92	37.86	−0,06
3	45,0	45,0	45,5	45.17	45,07	−0,10
4	51,25	50,5	51,0	50.92	51.14	+0,22
5	56,5	—	56,5	56.50	56,50	0,00
6	—	61,5	61,0	61,25	61,33	+0,08
7	65,0	65,25	65,0	65 08	65,74	+0,66
8	70,0	69,75	69,5	69,75	69,92	+0,17
9	73,0	—	73,25	73.12	73.82	+0,70
10	77,5	78.5	77,5	77 83	77,50	−0,33
11	80,5	80,75	81,0	80,75	81,00	+0,25
12	83,5	—	84,0	83,75	84,34	+0,59
13	87,5	88,5	88,25	88 08	87,55	−0,53
15	93,0	—	94,0	93,50	94,11	+0,61

Die bezeichneten Werthe wurden gefunden durch die Gleichung:

$$(x - 5{,}795)^2 = 541{,}1.t.$$

Digitized by Google

Tabelle F.

XXII. $H = 744{,}47$, $t = 17{,}0^0$ constant. XXIII. $H = 740{,}52$, $t = 16{,}1^0 - 16{,}0^0$. XXIV. $H = 740{,}62$, $t = 16{,}0^0$ const.

Zeit	XXII. *O*	Ber.	Diff.	XXIII. *O*	Ber.	Diff.	XXIV. *O*	Ber.	Diff.
2,5	18,5	**17,25**	−1,25	—	—	—	—	—	—
5	24,0	**23,02**	−0,98	—	—	—	—	—	—
7,5	28,5	**27,44**	−1,06	—	—	—	—	—	—
10	32,75	**31,18**	−1,57	—	—	—	—	—	—
15	38,75	**37,44**	−1,31	42,5	**42 48**	−0,02	44,75	**43,81**	−0,94
20	42,75	**42,71**	−0,01	47,5	**47,50**	0,00	49,25	**48,83**	−0,42
25	46,5	**47,36**	+1.86	51,75	**51,93**	+0,18	53,5	**53,26**	−0,24
30	50,5	**51,56**	+1,06	55,5	**55,93**	+0,43	57,25	**57.26**	+0,01
35	54,5	**55,43**	+0,93	59,25	**59,61**	+0,36	61,0	**60,94**	−0,06
40	58,0	**59,03**	+1,03	62,75	**63,03**	+0,28	64,5	**64,36**	−0,14
45	61,5	**62,41**	+0,91	65,75	**66,25**	+0,50	67,5	**67,58**	+0,08
50	64,75	**65,60**	+0,85	68,75	**69.29**	+0,54	70,5	**70,62**	+0,12
55	—	—	—	71,50	**72,18**	+0,68	73,5	**73,51**	+0,01
60	71,0	**71,75**	+0,75	74,35	**74,95**	+0,70	75,5	**76,28**	+0,78
65	74,0	**74,34**	+0,34	77,0	**77,60**	+0,60	78,5	**78,93**	+0,43
70	77,25	**77,02**	−0,23	80,25	**80,16**	+0,09	81,0	**81,49**	+0,49
75	80,0	**79,60**	−0,40	—	—	—	—	—	—
80	82,25	**82,11**	−0,14	85,0	**85,00**	0,00	86,5	**86,33**	−0,17

Man findet die berechneten Werthe durch die Gleichungen:

$$\begin{cases} (x - 3{,}32)^2 = 77{,}59.t \\ (x - 10{,}0\ )^2 = 70{,}31.t \\ (x - 11{,}33)^2 = 70{,}31.t \end{cases}$$

Diese Reihen stimmen nicht so gut überein, wie die vorhergehenden. Man findet ziemlich beträchtliche Divergenzen zwischen den beobachteten und berechneten Werthen. Es beruht dies ohne Zweifel in der grossen Schwierigkeit, länger als eine Stunde jede Art von Störungen zu vermeiden.

6. Versuche an punctirten Scalen.

Da die besprochenen Versuche an satinirten Scalen ausgeführt wurden, welche beträchtliche Quantitäten Schwefelwasserstoff absorbiren, so kann man daraus nur die relativen Geschwindigkeiten in den angewendeten Gasen herleiten. Man sieht nun, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit am grössten in dem wenigst dichten Gase ist. Die Constanten in den ersten Gliedern der parabolischen Gleichungen liefern den Beweis, dass diese Absorption des Gases nicht vernachlässigt werden darf. Für $t = 0$ würde man $x = 0$ erhalten; da man dagegen $x =$ const. findet, so sieht man, dass die Geschwindigkeit

Digitized by Google

grösser ist, als sie es nach der Formel in der Messingröhre zwischen dem Hahne und der Glasröhre, in der sich die Scala befindet, sein sollte, und dass also diese das Gas retardirt. Um diesen Missstand zu beseitigen, habe ich Scalen von Velinpapier präparirt, deren Dicke nahezu dieselbe wie die des satinirten Papieres ist. Auf diesen Scalen habe ich kleine Puncte mit verschiedenen Reagentien in gleichen Abständen von 5 Mm. markirt. Uebrigens hatte der Apparat im Ganzen keine Veränderung erfahren und die Beobachtungen wurden ebenso, wie bei den vorhergehenden Reihen ausgeführt. Die Röhre war mit Luft gefüllt und die Puncte wurden mit einer Lösung von salpetersaurem Quecksilber gemacht.

Tabelle G.

XXV. $H = 747{,}22$, $t = 14{,}1^0$ constant. XXVI. $H = 738{,}64$, $t = 16{,}1^0 - 16{,}3^0$. XXVII. $H = 718{,}72$, $t = 16{,}1^0$ const.

Zeit	XXV	XXVI	XXVII	*M*	Ber.	Diff.	XXVII (b)	Ber.	Diff.
2,5	24,5	23,5	25,0	**24,33**	**25,51**	+1,18	27,5	**26,85**	−0,65
5	35,0	35,0	35,5	**35,17**	**35,55**	+0,38	38,5	**37,97**	−0,53
7,5	43,5	43,0	43,5	**43,33**	**43,54**	+0,21	46,5	**46,50**	0,00
10	50,5	50,0	50,0	**50,17**	**50,28**	+0,11	53,5	**53,69**	+0,19
12,5	56,0	55,5	56,0	**55,83**	**56,21**	+0,38	60,0	**60,03**	+0,03
15	61,5	61,5	61,5	**61,50**	**61,58**	+0,08	65,5	**65,76**	+0,26
17,5	66,5	66,5	66,0	**66,33**	**66,51**	+0,18	70,5	**71,03**	+0,53
20	71,5	71,0	71,0	**71,17**	**71,11**	−0,06	76,5	**75,94**	−0,56
22,5	76,5	75,5	76,0	**76,00**	**75,42**	−0,58	80,5	**80,54**	+0,04
25	79,5	79,5	79,5	**79,50**	**79,50**	0,00	85,0	**84,90**	−0,10
27,5	83,0	82,5	83,5	**83,00**	**83,38**	+0,38	—	—	—

Bei der ersteren Reihe (XXVII) war die Scala auch mit Puncten von essigsaurem Bleioxyd markirt. Das Resultat davon ist unter XXVIIb enthalten.

Die Gleichungen

$$\begin{cases} x^2 = 252{,}81.t \\ x^2 = 288{,}30.t \end{cases}$$

geben die berechneten Werthe.

Bei dem folgenden Versuche habe ich andere Lösungen derselben Salze angewendet. XXVIII (1) gibt das mit dem Quecksilbersalze, XXVIII (2) das mit Bleisalze erhaltene Resultat.

Digitized by Google

Tabelle H.

XXVIII. $H = 754{,}68$, $t = 15{,}8^0$ const.

Zeit	XXVIII (1)	Ber.	Diff.	XXVIII (2)	Ber.	Diff.
2,5	20,0	**19,81**	−0,19	—	—	—
7,5	34,0	**34,31**	+0,31	37,0	**37,04**	+0,04
10	39,5	**39,61**	+0,11	43,0	**42,76**	−0,24
12,5	44,0	**44,29**	+0,29	47,0	**47,81**	+0,81
15	49,0	**48,52**	−0,48	52,5	**52,38**	−0,12
17,5	53,0	**52,40**	−0,60	57,0	**56,57**	−0,43
20	56,0	**56,02**	+0,02	60,5	**60,48**	−0,02
22,5	59,5	**59,42**	−0,08	63,5	**64,15**	+0,65
25	62,5	**62,64**	+0,14	67,5	**67,62**	+0,12
27,5	65,0	**65,69**	+0,69	70,5	**70,92**	+0,42
30	68,5	**68,61**	+0,11	73,5	**74,07**	+0,57

Man erhält die berechneten Werthe mittelst der Gleichungen:

$$\begin{cases} x^2 = 156{,}92.t \\ x^2 = 182{,}88.t \end{cases}$$

Als diese Reihe ausgeführt war, ging die Glasröhre durch einen Zufall zu Grunde, was mich gegenwärtig hinderte, diese Untersuchungen weiter fortzusetzen.

Ich habe mir auch noch einen Hahn für die Röhre Nr. 2 verschafft. Die folgenden Reihen, in welchen die Scalen mit derselben Lösung von essigsaurem Bleioxyd gemacht wurden, welche beim letzten Versuche angewendet wurde, sind mit einem Ballon Nr. 3 ausgeführt worden, dessen Capacität nahe gleich dem Nr. 2 war. Folgende sind die erhaltenen Resultate.

Tabelle J.

XXXIX. $H = 748{,}72$, $t = 18{,}2^0$ constant. XXX. $H = 731{,}46$, $t = 17{,}3^0 - 17{,}4^0$.

Zeit	XXIX	XXX	*M*	Ber.	Diff.	Ber. (b)
2	23,5	23,5	**23,50**	**23,61**	+0,11	**23.74**
3	29,0	29,0	**29,00**	**28,92**	−0,08	**29,07**
4	33,5	33,5	**33,50**	**33.39**	−0,11	**33.53**
5	37,0	37,5	**37,25**	**37,33**	+0,08	**37,53**
6	41,0	41,0	**41,00**	**40,89**	−0,11	**41,11**
7	44,5	44,0	**44,25**	**44,17**	−0,08	**44,40**
8	47,5	47,0	**47,25**	**47,22**	−0,03	**47,47**
10	53,5	52,5	**53,00**	**52,79**	−0,21	**53,07**
12,5	59,0	59,0	**59,00**	**59,03**	+0,03	**59,34**
15	64,5	64,5	**64,50**	**64,66**	+0,16	**65,00**
17,5	70,0	69,5	**69,75**	**69,84**	+0,09	**70,21**
20	75,0	74,5	**74,75**	**74,66**	−0,09	**75,06**
22,5	79,5	78,5	**79,00**	**79,19**	+0,19	**79,61**
25	84,0	83,0	**83,50**	**83,47**	−0,03	**83,92**
27,5	87,5	87,0	**87,25**	**87,55**	+0,30	**88,01**

Digitized by Google

Die berechneten Werthe wurden gefunden durch die Gleichung:

$$x^2 = 278{,}72.t.$$

Da die Durchmesser der Röhren 8,68 Mm. und 13,37 Mm. betrugen, so sieht man, dass **für den vorliegenden Fall** die Coefficienten 182,88 und 278,72 nahe in demselben Verhältnisse stehen, wie die Durchmesser der Röhren. Man hat in der That:

$$8{,}68 : 13{,}37 = 182{,}88 : 281{,}69.$$

Die Zahlen der letzten Columne (b) sind gefunden aus der Gleichung:

$$x^2 = 281{,}69.t.$$

Schlussfolgerungen.

Aus der Gesammtheit dieser Versuche ziehe ich folgende Consequenzen:

1. Ein Gas pflanzt sich durch ein anderes mit derselben Geschwindigkeit nach allen Richtungen fort.

2. Die Geschwindigkeit nimmt ab mit der Distanz von der Oeffnung in der Art, dass die Zeit t und die durchlaufene Distanz x unter einander durch die parabolische Gleichung

$$x^2 = at$$

verbunden sind.

3. Wächst der Durchmesser der Röhre, so wächst der Coefficient a gleichfalls, allein die Relation zwischen diesen Grössen ist noch nicht vollständig bekannt. Die letzteren Versuche lassen übrigens annehmen, dass sie unter einander proportional seien.

4. Der Coefficient a variirt mit den verschiedenen in der Röhre enthaltenen Gasen. Er ist grösser für ein weniger dichtes Gas und umgekehrt.

5. Derselbe Coefficient a ist auch für dasselbe Gas verschieden, wenn man verschiedene Reagentien anwendet.

Das letztere Gesetz ist von besonderer Wichtigkeit, da es uns eine Idee gibt, wie das Gas sich in der Röhre fortpflanzt. Damit nämlich ein Punct der Scala geschwärzt werde, muss er offenbar mit einer bestimmten, aber für verschiedene Reagentien veränderlichen Quantität Gas in Berührung kommen. Dies ist die Geschwindigkeit dieser kleinsten Quantität oder die Quantität, welche an einem gegebenen Puncte der Scala, um ihn zu schwärzen, vorübergegangen sein muss, die man bei jedem Versuche findet, und ich nehme an, dass

Digitized by Google

diese kleinsten Quantitäten für verschiedene Scalen im umgekehrten Verhältnisse zu den beobachteten Geschwindigkeiten stehen. Man hat aber für zwei beliebige Scalen die beiden Gleichungen:

(1) $$x^2 = at \qquad x^2 = a_1 t$$

woraus man findet, wenn v und v_1 die entsprechenden Geschwindigkeiten und m und m_1 die vorübergegangenen kleinsten Quantitäten bezeichnen,

(2) $$\frac{m_1}{m} = \frac{v}{v_1} = \frac{\sqrt{a}}{\sqrt{a_1}} = \text{const.}$$

Ist also die Relation zwischen Raum und Zeit durch die Gleichung $x^2 = at$ für die Quantität m und durch $x^2 = a_1 t$ für m_1 gegeben, so sieht man, dass während des Versuches die Quantität $m_1 - m$ eine Dilatation in der Richtung der Bewegung erfährt, deren successive Werthe den wachsenden Differenzen der Abscissen der zwei durch die Gleichungen (1) dargestellten Parabeln gleich sind. Wir haben gesehen, dass auch Jungk eine Dilatation des Gases in der Richtung der Bewegung beobachtet hat.

Diese Untersuchungen über die Fortpflanzung der Gase sind noch nicht abgeschlossen. Ich habe bereits neue Experimente begonnen, deren nächster Zweck der sein wird, die genaue Relation, welche zwischen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit und dem Durchmesser der Röhre besteht, sowie auch die relativen Geschwindigkeiten durch verschiedene Gase zu finden.

Digitized by Google

Ueber die Veränderlichkeit der Wirkungen der Influenz-Electrisirmaschine.

Von

Ph. Carl.

In der folgenden Mittheilung handelt es sich darum, durch eine längere Versuchsreihe festzustellen, innerhalb welcher Grenzen unter gewöhnlichen Umständen[1]) die Leistungen der Influenz-Electrisirmaschine veränderlich sind.

Es konnte vor der Hand leider die Abhängigkeit dieser Wirkungen von der Feuchtigkeit der umgebenden Luft nicht näher ermittelt werden, da geeignete Hülfsmittel hiezu fehlten. Es ist mir in der jüngsten Zeit in dem von Herrn Dr. Wolpert erfundenen Hygrometer, über das ich demnächst berichten werde, ein Apparat bekannt geworden, welcher diese Untersuchung mit Erfolg auszuführen und wenigstens relative Beziehungen festzustellen gestattet. Trotzdem entschloss ich mich, die folgende Beobachtungsreihe in extenso zu veröffentlichen, da sie auch denjenigen Physikern, die sich nicht längere Zeit mit dem Apparate beschäftigt haben, ein sicheres Urtheil über dessen Leistungsfähigkeit zu fällen gestattet.

Zu den Versuchen verwendete ich eine 20-zöllige Maschine, die bereits im Juli 1868 in meiner Werkstätte verfertigt worden war und während des ganzen Winters zu zahlreichen Experimenten gedient hatte. Die feste Scheibe hatte sogar schon einen nicht unbeträchtlichen Sprung an einem Papierbelege.

Im Ganzen wurden 200 Versuche an 73 Tagen angestellt. Bei jedem Versuche wurde aufgezeichnet: der Grad der Leichtigkeit der Erregung, die Funkenlänge in Centimetern, die Temperatur des Zim-

---

1) Bei künstlicher Erwärmung liefert die Maschine bekanntlich stets befriedigende Resultate.

Digitized by Google

mers in Réaumur'schen Graden und, um die Witterungsdisposition im Allgemeinen zu charakterisiren, der Grad der Bewölkung (nach der Scala des Societas Palatina)[1]) nebst Angabe, wenn es beim Versuche regnete.

Was den Grad der Leichtigkeit der Erregung anbetrifft, so bezeichnete ich mit

I den Grad, bei welchem die Maschine durch den geriebenen Pelz erregt werden konnte, ohne dass es nöthig gewesen wäre, vorher die Rotation zu beginnen. Beim

II. Grade konnte die Maschine erst erregt werden, nachdem sie bereits angetrieben war.

III bedeutet, dass die Maschine ohne künstliche Erwärmung nicht zu erregen war.

Es sind nun die in der folgenden Tabelle, in welcher die einzelnen Beobachtungen zusammengestellt sind, enthaltenen Zahlen ohne Weiteres verständlich.

Nr.	Tag	Stunde	Temperatur des Zimmers	Grad der Bewölkung	Erregen	Funkenlänge	Bemerkungen
		h m	°			Ctm.	
1	Juni 6.	6 30 Mgs.	14,6		I	12	
2	„ 6.	7 0 Mgs.	15,0		II	8	
3	„ 6.	12 10 Mitt.	16,4		I	11.12	
4	„ 6.	3 0 Abds.	16,9		I	13	
5	„ 6.	5 0 Abds.			I	13	
6	„ 7.	6 20 Mgs.	15,8	0	I	13	
7	„ 8.	5 15 Mgs.	16,2	0	I	13	
8	„ 9.	7 0 Mgs.	16,3	4	I	12.13	Regen in der Nacht.
9	„ 9.	9 0 Mgs.	16,6		I	13	Die Maschine konnte bei aufgelegtem Condensator noch erregt werden, wenn die Conductorkugeln ganz auseinandergezogen waren. Nachdem der Condensator abgenommen war, konnte bei offenen Conductoren nicht mehr erregt werden.

1) Nach dieser Scala wird bekanntlich die Bewölkung durch 4 Grade ausgedrückt, nämlich:

0 ganz heiterer Himmel,
1 = 1/4 des Himmels bedeckt,
2 = 1/2 „ „ „
3 = 3/4 „ „ „
4 = ganz bedeckter Himmel.

Digitized by Google

Nr.	Tag	Stunde	Temperatur des Zimmers	Grad der Bewölkung	Erregen	Funkenlänge	Bemerkungen
		h m	°			Ctm.	
10	Juni 10.	8 30 Mgs.	16,6	4	I	11	Das Zimmer zuvor nass gewischt.
11	„ 10.	2 45 Abds.	18,4	2	I	12	Bei offenen Conductoren mit Condensator erregbar.
12	„ 10.	7 45 Abds.	15,5	2	I	11.12	
13	„ 11.	5 40 Mgs.	15,7	3.4	I	11.12	Erregen bei offenen Conductoren mit Condensator. Konnte auch ohne Condensator bei offenen Conductoren erregt werden; die Entfernung der Kugeln betrug jedoch blos ein paar Millimeter, während sie beim Erregen mit Condensator so weit als möglich geöffnet waren.
14	„ 11.	10 30 Mgs.	15,0	4	I	13	
15	„ 11.	6 15 Abds.	14,9	4	I	15	
16	„ 12.	9 30 Mgs.	15,1	0	I	12	
17	„ 12.	6 10 Abds.	15,8	0	I	13	Erregen mit den Fingerknöcheln.
18	„ 13.	9 30 Mgs.	15,3	0	I	11.12	detto.
19	„ 13.	2 30 Abds.	17,0	2	I	11	Erregen bei offenen Conductoren.
20	„ 13.	5 10 Abds.	17,4	1	I	13	
21	„ 13.	8 0 Abds.	17,1	1	I	9	
22	„ 14.	6 0 Mgs.	16,1	0	I	8	
23	„ 14.	1 10 Abds.	17,4	4	I	10	
24	„ 15.	7 30 Mgs.	15,3	4 Regen	II	2.3	Das Zimmer zuvor nass gewischt.
25	„ 15.	8 15 Mgs.	15,2	4 Regen	II	5.6	
26	„ 15.	2 35 Abds.	15,7	4	II	10	
27	„ 15.	8 20 Abds.	15,0	2	I	11	
28	„ 16.	7 20 Mgs.	14,3	2	I	13	
29	„ 17.	5 30 Mgs.	13,3	3.4	I	13	
30	„ 17.	7 15 Mgs.	13,6	3	I	14	
31	„ 17.	3 40 Abds.	14,7	2	I	15	Erregen mit den Fingerknöcheln.
32	„ 17.	5 40 Abds.	14,4	3	I	14	detto.
33	„ 18.	5 40 Mgs.	13,4	4	I	12.13	detto.
34	„ 18.	1 40 Abds.	14,5	3	I	15	detto.
35	„ 18.	7 30 Abds.	13,9	3	I	12	detto.
36	„ 19.	8 0 Mgs.	13,1	4 Regen	I	11	detto.
37	„ 19.	5 0 Abds.	14,0	4 Regen	I	12.13	detto.
38	„ 20.	8 0 Mgs.	12,7	4 Regen	I	12	detto.
39	„ 20.	2 45 Abds.	13,4	2	I	13	detto.
40	„ 20.	4 10 Abds.	13,6	2	I	13.14	detto.
41	„ 20.	5 40 Abds.	13,6	2	I	13.14	detto.
42	„ 21.	6 0 Mgs.	12,6	3	I	13.14	detto.
43	„ 21.	1 45 Abds.	13,6	4	I	11	
44	„ 21.	3 25 Abds.	13,6	4	I	12	
45	„ 21.	6 0 Abds.	12,9	4 Regen	I	11	
46	„ 22.	6 0 Mgs.	12,0	4 stark. Regen	I	12	

Digitized by Google

Nr.	Tag	Stunde	Temperatur des Zimmers	Grad der Bewölkung	Erregen	Funkenlänge	Bemerkungen
		h m	°			Ctm.	
47	Juni 22.	1 0 Abds.	12,3	4 stark. Regen	I	5	
48	„ 22.	7 0 Abds.	12,0	4 stark. Regen	I	7.8	
49	„ 23.	6 0 Mgs.	11,5	4	I	9.10	
50	„ 23.	8 45 Mgs.	11,9	4 Regen	II	2	
51	„ 23.	6 15 Abds.	12,0	4	III	—	Regen nachgelassen.
52	„ 24.	9 0 Mgs.	12,0	3.4	II	5	
53	„ 24.	12 0 Mitt.	12,6	4	II	8	
54	„ 24.	3 30 Abds.	12,6	3.4	II	10	
55	„ 24.	6 30 Abds.	12,4	2	II	11	
56	„ 25.	5 15 Mgs.	11,7	0	II	9.10	
57	„ 25.	9 50 Mgs.	12,1	1	I	11	
58	„ 25.	8 5 Abds.	12,9	2	I	12	Erregen mit den Fingerknöcheln.
59	„ 26.	11 0 Mgs.	13,2	1	I	12	detto.
60	„ 27.	7 0 Mgs.	13,1	0	II	11	
61	„ 27.	9 30 Mgs.	13,8	0	II	5.6	Das Zimmer zuvor nass gewischt.
62	„ 27.	3 30 Abds.	15,5	2	I	13	Erregen mit den Fingerknöcheln.
63	„ 28.	5 30 Mgs.	12,4	0	I	10	
64	„ 28.	1 0 Abds.	15,4	2	I	10.11	
65	„ 28.	5 45 Abds.	15,8	1	I	11.12	
66	„ 29.	9 0 Mgs.	14,6	4	II	9.10	Regen in der Nacht.
67	„ 29.	11 0 Mgs.	14,9	4	I	10	Hin und wieder Regen.
68	„ 29.	12 0 Mitt.	15,0	4	I	10	
69	„ 29.	6 30 Abds.	14,7	3	I	10	Erregen mit den Fingerknöcheln.
70	„ 30.	7 0 Mgs.	14,0	4	I	5.6	Das Zimmer zuvor nass gewischt.
71	„ 30.	2 45 Abds.	14,5	4 Regen	I	10	
72	„ 30.	4 45 Abds.	14,4	4	II	6	Regen nachgelassen.
73	„ 30.	7 55 Abds.	14,4	4	I	5.6	
74	Juli 1.	4 15 Mgs.	14,0	4	II	5	
75	„ 1.	7 55 Mgs.	14,0	3	II	6	
76	„ 1.	1 45 Abds.	16,6	2	I	11	Die Maschine von der Sonne beschienen.
77	„ 1.	5 30 Abds.	15,9	1	II	9	
78	„ 1.	8 15 Abds.	15,3	3	II	7	
79	„ 2.	7 0 Mgs.	15,0	4 Nebel	III	—	
80	„ 2.	10 15 Mgs.	15,4		II	9.10	Das Zimmer nass gewischt.
81	„ 3.	8 45 Mgs.	15,7	3	II	3	In der Nacht Gewitter mit Regen.
82	„ 3.	1 45 Abds.	16,0	4	I	2	
83	„ 4.	10 0 Mgs.	15,2	4 Regen	II	3	
84	„ 4.	3 30 Abds.	15,3	4	II	5	
85	„ 5.	5 15 Mgs.	15,0	3.4 Regen	II	5.6	Die Maschine hält die Electricität gar nicht.
86	„ 5.	1 15 Abds.	16,1	2	I	10.11	
87	„ 5.	2 30 Abds.	16,4	2	I	12.13	
88	„ 6.	6 0 Mgs.	15,5	0	II	5.6	
89	„ 6.	8 30 Mgs.	16,4	0	III	—	Fenster seit 7h offen.
90	„ 6.	9 0 Mgs.	16,4	2	II	2	
91	„ 6.	1 30 Abds.	18,0	3	I	9	

Digitized by Google

Nr.	Tag	Stunde	Temperatur des Zimmers	Grad der Bewölkung	Erregen	Funkenlänge	Bemerkungen
		h m	°			Ctm.	
92	Juli 6.	5 30 Abds.	17,5	4	II	8	
93	„ 6.	7 0 Abds.	17,3	4	II	2.3	Neue Scheiben eingezogen, um die alten zu reinigen.
94	„ 7.	6 0 Mgs.	16,8	4	II	2.3	
95	„ 7.	8 0 Mgs.	17,2	4	II	6	
96	„ 7.	1 15 Abds.	18,1	3	I	11	
97	„ 8.	4 45 Mgs.	17,1	4 dicker Nebel	II	3	
98	„ 8.	6 45 Mgs.	17.4	4	II	4.5	Nebel in die Höhe gegangen.
99	„ 8.	7 35 Mgs.	17,5	4	I	7.8	
100	„ 8.	2 30 Abds.	19,1	4	I	9.10	
101	„ 9.	7 45 Abds.	19,1	4	II	3	
102	„ 11.	3 30 Abds.	20,6	2	II	11	Die alten Scheiben gereinigt wieder eingezogen.
103	„ 12.	4 0 Mgs.	19,9	0	II	9	
104	„ 12.	4 30 Mgs.	18,9	0	II	12	Die Temperatur sank, weil das Fenster im Nebenzimmer geöffnet wurde.
105	„ 12.	12 45 Mitt.	20,1	2	I	13	
106	„ 13.	7 0 Mgs.	19,0	0	I	14	
107	„ 13.	6 30 Abds.	20,4	1	I	13.14	
108	„ 14.	7 0 Mgs.	19,4	4	II	11.12	In der Nacht Gewitter mit starkem Regen.
109	„ 14.	6 0 Abds.	19,4	4	II	11	
110	„ 15.	6 40 Mgs.	18,0	0	II	11	
111	„ 15.	8 15 Mgs.	18,4	4	II	11	
112	„ 15.	3 40 Abds.	17,8	4	II	11	
113	„ 16.	7 50 Mgs.	17,1	4 Regen	II	12	
114	„ 16.	9 25 Mgs.	17,3	4	II	13	
115	„ 16.	1 45 Abds.	18,0	3.4	I	12.13	
116	„ 16.	5 15 Abds.	17,8	4	I	14	
117	„ 17.	8 10 Mgs.	17,2	4	I	11.12	Das Zimmer zuvor nass gewischt.
118	„ 17.	11 45 Mgs.	17,9	3	I	13	
119	„ 18.	8 0 Mgs.	17,4	3.4	I	13	
120	„ 18.	1 30 Abds.	18,8	2	I	14	
121	„ 18.	5 45 Abds	18,6	0	I	14	
122	„ 19.	6 45 Mgs.	17,4	0	I	13.14	
123	„ 19.	8 0 Mgs.	17,5	0	I	13.14	
124	„ 19.	12 0 Mitt.	17,9	0	I	12	
125	„ 19.	2 0 Abds.	18,0	0	I	13	
126	„ 19.	7 30 Abds.	17,5	4 Regen	I	12	
127	„ 20.	6 30 Mgs.	17,1	0	I	12.13	
128	„ 20.	5 0 Abds.	18,1	0	I	12.13	
129	„ 21.	8 30 Mgs.	17,6	4	II	12.13	
130	„ 21.	1 45 Abds.	18,7	2	II	13	
131	„ 21.	7 15 Abds.	18,5	1	II	12	
132	„ 22.	12 30 Mitt.	18,8	0	II	13	
133	„ 22.	6 30 Abds.	19,0	0	I	15	
134	„ 23.	5 30 Mgs.	18,5	0	I	15	
135	„ 23.	3 40 Abds.	19,8	0	I	15	
136	„ 24.	6 30 Mgs.	19,0	0	I	14.15	
137	„ 24.	11 0 Mgs.	19,4	1	I	15	
138	„ 24.	6 15 Abds.	19,6	3	I	14.15	

Digitized by Google

Nr.	Tag	Stunde	Temperatur des Zimmers	Grad der Bewölkung	Erregen	Funkenlänge	Bemerkungen
		h m	°			Ctm.	
139	Juli 25.	8 30 Mgs.	19,1	3	I	14.15	
140	„ 26.	5 45 Mgs.	19,4	3.4	I	12.13	
141	„ 26.	12 40 Mitt.	19,4	4	I	12	
142	„ 27.	6 30 Mgs.	18,9	1	I	11.12	
143	„ 27.	10 30 Mgs.	19,0	3	I	11	
144	„ 27.	7 0 Abds.	19,4	2	I	11	
145	„ 28.	8 0 Mgs.	18,6	0	II	10.11	
146	„ 28.	1 15 Abds.	19,8	2	II	10	
147	„ 28.	6 35 Abds.	19,8	0	II	11.12	
148	„ 29.	6 10 Mgs.	19,4	0	I	11	
149	„ 29.	2 15 Abds.	21,5	2	I	12	
150	„ 30.	6 30 Mgs.	20,0	0	II	10	Regen in der Nacht.
151	„ 30.	4 0 Abds.	21,4	1	II	9.10	
152	„ 31.	8 0 Mgs.	20,7	2	II	10	
153	„ 31.	3 25 Abds.	22,4	1	II	12	
154	„ 31.	5 50 Abds.	22.1	3	I	12.13	
155	Aug. 1.	6 0 Mgs.	21,0	0	I	11.12	Regen in der Nacht.
156	„ 1.	12 0 Mitt.	21,8	2.3	II	12	
157	„ 1.	3 0 Abds.	21,7	3	I	11	
158	„ 1.	7 30 Abds.	21,4	3	I	11.12	
159	„ 2.	4 0 Mgs.	21,0	2	I	11	
160	„ 2.	4 40 Mgs.	20,4	3	I	12	
161	„ 2.	4 0 Abds.	20,3	4 stark. Regen	II	12.13	
162	„ 3.	2 30 Abds.	18,4	1	I	13.14	Die ganze vergangene Nacht und am Vormittag starker Regen.
163	„ 3.	3 45 Abds.	18,7	1	I	15	
164	„ 4.	7 30 Mgs.	17,3	0	I	14	
165	„ 4.	12 50 Mgs.	18,0	0	I	14	
166	„ 4.	3 20 Abds.	18,8	0	I	15	
167	„ 5.	6 30 Mgs.	17,9	0	I	13	
168	„ 5.	12 5 Mitt.	18,9	0	I	14	
169	„ 5.	2 45 Abds.	19,2	0	I	13.14	
170	„ 5.	7 24 Abds.	18,9	2	I	14	
171	„ 6.	6 10 Mgs.	18,8	4	I	13	Starker Regen in der Nacht.
172	„ 6.	9 30 Mgs.	18,5	4 stark. Regen	II	8.9	
173	„ 7.	7 30 Mgs.	18,0	4 Regen	I	11	
174	„ 7.	1 50 Abds.	18,0	4 Regen	I	9.10	
175	„ 8.	3 50 Abds.	17,5	1	I	10.11	
176	„ 9.	2 30 Mgs.	16,5	—	I	10	
177	„ 9.	8 0 Mgs.	16,3	4	I	13	
178	„ 9.	4 0 Abds.	16,3	4 Regen	I	13	
179	„ 9.	5 0 Abds.	16,3	4 stark. Regen	I	12	
180	„ 10.	8 0 Mgs.	15,1	4	II	6	Starker Regen in der Nacht.
181	„ 10.	7 10 Abds.	15,1	4 Regen	II	9	Den ganzen Tag Regen, zum Theil sehr stark.
182	„ 11.	7 40 Mgs.	14,4	2	I	12	
183	„ 12.	7 0 Mgs.	13,3	0	I	11.12	
184	„ 18.	5 0 Abds.	15,4	2	I	11	
185	„ 19.	6 15 Mgs.	14,5	0	II	9.10	
186	„ 19.	10 15 Mgs.	15,0	2	II	11	
187	„ 19.	6 10 Abds.	15,0	2	II	9	
188	„ 20.	8 30 Mgs.	14,7	4	II	9	

Digitized by Google

Nr.	Tag	Stunde	Temperatur des Zimmers	Grad der Bewölkung	Erregen	Funkenlänge	Bemerkungen
		h m	°			Ctm.	
189	Aug. 20.	10 0 Mgs.	15,0	3	II	11	
190	„ 20.	3 55 Abds.	15,4	3	II	8.9	
191	„ 20.	5 15 Abds.	15,3	4 Regen	II	10	
192	„ 20.	6 10 Abds.	15,3	4	II	11	
193	„ 21.	7 15 Mgs.	14,9	3 nebelig	II	8.9	
194	„ 21.	2 15 Abds.	16,0	3	II	13	
195	„ 21.	4 0 Abds.	15,5	3	II	13	
196	„ 21.	6 30 Abds.	15,4	3	II	9	
197	„ 22.	9 5 Mgs.	15,4	2.3	II	9	
198	„ 22.	10 30 Mgs.	15,4	2	II	11	
199	„ 22.	3 30 Abds.	16,0	3.4	II	11	
200	„ 23.	3 30 Mgs.	15,1	—	II	10	

Aus diesen Zahlen ergibt sich, dass unter 200 Fällen die Maschine

123-mal erregt werden konnte, ohne dass sie zuvor in Drehung versetzt war; dass sie

74-mal zuvor in Rotation versetzt werden musste, und dass sie

3-mal nicht erregt werden konnte.

Die Länge der Funken betrug

14-mal zwischen 0 und 4.5 Cent.

41-mal zwischen 5 und 9.10 Cent.

145-mal 10 Centimeter und darüber.

Die mittlere Funkenlänge betrug bei dem I. Grade der Erregung 12,0 Centimeter, bei dem II. Grade der Erregung 8,6 Centimeter.

Der Zustand, bei welchem die Maschine nicht erregt werden konnte, dauerte in keinem Falle lang an — im ersten Falle nach der Beobachtung von $6^h\ 15^m$ Abends bis $9^h\ 0^m$ Morgens, im zweiten Falle von $7^h\ 0^m$ bis $10^h\ 15^m$ Morgens, im dritten Falle von $8^h\ 30^m$ bis $9^h\ 0^m$ Morgens.

Die Bemerkungen in vorstehender Tabelle zeigen, dass die Maschine bei aufgelegtem Condensator unter günstigen Umständen auch dann noch erregbar ist, wenn die Conductorkugeln ganz auseinander gezogen sind. Ferner konnte sie nicht selten blos durch Reiben des Hartgummi mit den Fingerknöcheln erregt werden. Ich konnte übrigens diesen Versuch nicht regelmässig anstellen, da meine Haut fast beständig feucht ist.

Digitized by Google

Schliesslich möchte ich noch hinzufügen, dass die Maschine Ende Juni und Anfangs Juli ganz ausnahmsweise geringe Wirkungen zeigte, wie ich sie seit dem September 1866 nicht mehr beobachtet habe, obwohl ich seit dieser Zeit über hundert Maschinen in meiner Werkstätte habe anfertigen lassen, die alle vor der Ablieferung von mir selbst probirt worden sind.

Digitized by Google

Ueber ein neues Spectroscop nebst Beiträgen zur Spectralanalyse der Gestirne.

Von

J. C. F. Zöllner.

(Aus den Berichten der kgl. sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften vom Herrn Verfasser freundlichst mitgetheilt.)

Die Spectralanalyse der Gestirne beginnt in neuester Zeit, abgesehen von ihren Aufschlüssen über die physische Beschaffenheit der Himmelskörper in steigendem Masse die Aufmerksamkeit nach einer andern, nicht minder interessanten Richtung hin in Anspruch zu nehmen. Es eröffnet sich nämlich die Aussicht mit Hülfe jener Methode den Einfluss nachzuweisen, günstigen Falls sogar zu messen, welchen die in die Verbindungslinie der Erde und des beobachteten Gestirnes fallende Componente der relativen Bewegung beider Himmelskörper auf die Lage der Linien des betreffenden Spectrums ausübt.

Eine einfache Betrachtung zeigt, dass Wirkungen, welche zwei getrennte Körper durch periodische Impulse von endlicher Fortpflanzungsgeschwindigkeit auf einander ausüben, durch eine stetige Aenderung des Abstandes beider Körper modificirt werden müssen. Es ist das Verdienst Doppler's zuerst im Jahre 1841 die Nothwendigkeit dieses Einflusses erkannt zu haben,[1]) obschon die Folgerungen, welche derselbe hieraus bezüglich der Farbe der Sterne ableitete, wegen Nichtberücksichtigung der unsichtbaren Theile des Spectrums als unrichtig bezeichnet werden müssen.

Für den Schall ist der erwähnte Einfluss durch zahlreiche Versuche von Ballot, Mach u. A. als mit den Forderungen der Theorie übereinstimmend nachgewiesen worden.

---

1) Doppler, „Ueber das farbige Licht der Doppelsterne und einiger anderer Gestirne des Himmels." Abhandlungen der Böhm. Ges. d. W. Bd. II. (1841—1842.) pag. 465—482.

Digitized by Google

Für das Licht ist es dagegen bis jezt noch nicht möglich gewesen, sicher nachweisbare Grössen jenes Einflusses durch Beobachtungen zu constatiren, weil selbst die cosmischen Bewegungen, welche uns als die grössten für diesen Zweck zur Verfügung stehen, im Vergleich zur Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes noch sehr kleine Grössen sind.

Die grosse Vervollkommnung jedoch, welche seit Entdeckung der Spectralanalyse die optischen Hülfsmittel zur Beobachtung des Spectrums erfahren haben, eröffnen dennoch die Aussicht, jenen Einfluss an den Spectren der Gestirne nachzuweisen. Derselbe müsste sich der Theorie zufolge in einer kleinen Verschiebung der Spectrallinien äussern, deren Quantität beispielsweise für die mittlere Geschwindigkeit der Erde von 4 deutschen Meilen in der Secunde den zehnten Theil des Abstandes der beiden Natronlinien betragen würde. Diese Grösse, welche sich in sehr einfacher Weise aus der Geschwindigkeit des Lichtes und der Undulationsdauer der den Natronlinien entsprechenden Strahlen ergibt, ist erst ganz kürzlich wieder von J. C. Maxwell in Uebereinstimmung mit früheren Berechnungen von F. Eisenlohr [1]) u. A. abgeleitet worden.

Die zu beobachtende Grösse der Verschiebung erscheint jedoch Maxwell so klein, dass er seine hierauf bezüglichen Betrachtungen mit Rücksicht auf die bisher construirten Spectroscope und die Methode zur Positionbestimmung der Linien mit der Bemerkung schliesst: „it cannot be determined by spectroscopic observations with our present instruments, and it need not be considered in the discussion of our observations.“ [2])

Nichtsdestoweniger hat Huggins in seiner neuesten Abhandlung,[3]) als deren integrirender Theil die oben erwähnten Untersuchungen Maxwell's abgedruckt sind, die Lösung des gedachten Problems durch Anwendung eines Spectroscops mit nicht weniger als 5 Prismen, von denen 2 Amici'sche mit 2 Flintglas- und 3 Crownglasprismen sind, versucht.

Die durch eine so grosse Anzahl von Prismen bedingte Lichtschwächung gestattete jedoch nur die Beobachtung der hellsten Sterne. Huggins beschränkt sich sogar nur auf die Mittheilung seiner Resul-

1) Heidelberger Verh. d. phys. med. Ges. Bd. 3. pag. 190.
2) Philos. Trans. 1868. p. 532.
3) Ibid. p. 535.

Digitized by Google

tate aus Beobachtungen am Sirius und glaubte hier eine geringe Verschiebung der Linie *F* im Vergleich mit der durch eine Geissler'sche Röhre erzeugten hellen Wasserstofflinie gefunden zu haben. Die Richtung und Grösse der Verschiebung würden auf eine Zunahme der Entfernung zwischen Erde und Sirius deuten, und zwar mit einer Geschwindigkeit von 41.1 engl. Meilen in der Secunde.

Eliminirt man die Componente der Erdbewegung, die zur Zeit der Beobachtung 12 engl. Meilen betrug, so würde sich für die Geschwindigkeit, mit welcher sich Sonne und Sirius von einander entfernen, die Grösse von 29.4 englischen oder ungefähr 6.5 deutschen Meilen ergeben.

Huggins betrachtet dies Resultat selber als ein noch mit grosser Unsicherheit behaftetes, eine Unsicherheit, welche theils durch die bereits erwähnte starke Lichtschwächung durch zahlreiche Prismen, theils durch die Schwierigkeit bedingt ist, die Coïncidenzen der hellen Linien irdischer Lichtquellen mit den analogen dunklen der Sternspectra zu vergleichen. Letztere haben zuweilen auch ein anderes Ansehen, sind z. B. am Rande verwaschen und von verschiedener Breite, wie dies gerade bei der Linie *F* im Siriusspectrum der Fall ist.

Die wesentlichsten dieser Schwierigkeiten, welche sich bisher einer definitiven Lösung des fraglichen Problems entgegenstellten, glaube ich mit Erfolg durch eine neue Construction des Spectroscops überwunden zu haben, von der ich das erste Exemplar der Königlichen Gesellschaft hier vorzulegen die Ehre habe.

Die Einrichtung ist im Wesentlichen folgende. Die durch einen Spalt oder eine Cylinderlinse erzeugte Lichtlinie befindet sich im Brennpuncte einer Linse, welche, wie bei allen Spectroscopen, die zu zerstreuenden Strahlen zunächst parallel macht. Alsdann passiren die Strahlen zwei Amici'sche Prismensysteme à vision directe, welche ich in vorzüglicher Güte aus der optischen Werkstätte des Herrn Merz in München erhalten habe.

Dieselben sind dergestalt nebeneinander befestigt, dass jedes die eine Hälfte der aus dem Collimatorobjectiv tretenden Strahlenmasse hindurchlässt, jedoch so, dass die brechenden Kanten auf entgegengesetzten Seiten liegen und hierdurch die gesammte Strahlenmasse in zwei Spectra von entgegengesetzter Richtung zerlegt wird. Das Objectiv des Beobachtungsfernrohres, welches die Strahlen wieder zu einem Bilde vereinigt, ist senkrecht zu den horizontal gelegenen brechen-

Digitized by Google

den Kanten der Prismen, wie beim Heliometer, zerschnitten und jede der beiden Hälften lässt sich sowohl parallel der Schnittlinie als auch senkrecht zu derselben mikrometrisch bewegen. Hierdurch ist man im Stande, sowohl die Linien des einen Spectrums successive mit denen des andern zur Coïncidenz zu bringen, als auch die beiden Spectra, anstatt sie zu superponiren, unmittelbar neben einander zu lagern (so dass sich das eine wie ein Nonius neben dem andern verschiebt), oder nur partiell zu superponiren. — Durch diese Construction ist nicht allein das empfindliche Princip der doppelten Bilder zur Bestimmung irgend welcher Lagenveränderung der Spectrallinien verwerthet, sondern jede solche Veränderung ist auch verdoppelt, indem sich der Einfluss derselben bei beiden Spectren im entgegengesetzten Sinne äussert.

Das Princip der Reversion der Spectra, welches dem beschriebenen Instrumente zu Grunde liegt, wesshalb ich mir für dasselbe den Namen

„Reversionsspectroscop"

vorzuschlagen erlaube, lässt sich auch ohne Benutzung Amici'scher Prismensysteme zur Anwendung bringen. Man braucht nur den einen Theil der aus einem gewöhnlichen Prisma tretenden Strahlenmasse durch Reflexion mit Spiegel oder Prisma umzukehren und dann die gesammte Strahlenmasse ganz wie oben durch ein mit zerschnittenem Objective versehenes Fernrohr zu beobachten. Das Princip macht ferner die gleichzeitige Einführung künstlicher Lichtquellen zur Untersuchung geringer Aenderungen der Brechbarkeit vollkommen entbehrlich und gestattet die Wahrnehmung und Messung jener Aenderungen durch die Lagenveränderung vollkommen gleichartiger Objecte.

Die Messungsreihen, welche sowohl an den dunklen *D* Linien des Sonnenspectrums als auch an den hellen Natronlinien einer mit Kochsalz imprägnirten Kerzenflamme ausgeführt wurden, und die ich mir zur Beurtheilung der Leistungsfähigkeit des Instrumentes hier beizufügen erlaube, berechtigen zu der Hoffnung, dass es mit Hülfe dieses Spectroscopes gelingen wird, den Einfluss der Erdbewegung nicht allein wahrzunehmen sondern auch quantitativ mit solcher Genauigkeit zu bestimmen, als zu einer vorläufigen Controle der theoretischen Folgerungen wünschenswerth erscheint.

Die angeführten Zahlen bedeuten Theile der Mikrometerschraube und beziehen sich auf den Abstand der beiden Natronlinien:

Digitized by Google

Natronflamme	Sonne
49.5	49.5
50.5	51.5
53.0	48.1
49.5	48.9
Mittel: 50.6 ± 0.6	Mittel: 49.6 ± 0.5

Bei der folgenden Beobachtungsreihe hatte das Reversionsspectroscop sowohl eine andere Mikrometerschraube, mit etwas gröberem Gewinde, als auch zwei andere Prismensysteme erhalten, deren Dispersion in der Gegend der Natronlinie 1.77mal grösser ist als diejenige der zu den obigen Messungen benutzten Systeme. Ebenso waren hierbei die früher achromatischen Objective des Collimators und des Beobachtungsrohres durch unachromatische ersetzt, wodurch nicht nur nichts an Schärfe der Bilder verloren ging, sondern, wie beabsichtigt, durch Vermehrung der Lichtstärke an Klarheit und Deutlichkeit gewonnen wurde.

Sonne

Theile d. Schraube	Abw. vom Mittel
67.1	— 0.8
69.4	+ 1.5
68.4	+ 0.5
67.9	0.0
66.6	— 1.3
66.1	— 1.8
68.2	+ 0.3
68.0	+ 0.1
69.6	+ 1.7
Mittel: 67.9 ± 0.3.	

Es wäre hiernach der Abstand der beiden *D* Linien mit einem wahrscheinlichen Fehler von $\frac{1}{225}$ dieser Grösse genau bestimmt. Nach dem oben Mitgetheilten wird aber durch eine Veränderung des Abstandes zwischen Lichtquelle und Spectroscop mit einer Geschwindigkeit von 4 Meilen in der Secunde eine gegenseitige Verschiebung der Linien beider Spectra im Betrage von $\frac{1}{5}$ jenes Abstandes bewirkt, eine Grösse, die also etwa 40mal grösser als der oben für das Mittel aus 9 Ablesungen gefundene wahrscheinliche Fehler ist.

Lässt sich daher bei Beobachtung der Spectra der Sterne eine hinreichende Lichtmenge anwenden, so wird sich auf dem angegebenen Wege definitiv entscheiden lassen, ob die erwartete Verschiebung der

Digitized by Google

Spectrallinien eintritt oder nicht. In Bezug auf die erforderliche Lichtstärke erlaube ich mir zu bemerken, dass mir für diese Beobachtungen eine nichtachromatische Linse[1]) von 1 Par. Fuss Durchmesser und 6 Fuss Brennweite zur Verfügung steht, deren Strahlenkegel einige Zoll vor seinem Vereinigungspunct durch einen passenden Concav-Meniscus von Flintglas aufgefangen und so von sphärischer und chromatischer Abweichung möglichst befreit auf den Spalt des Spectroscops geleitet wird. Ich glaube hier besonders darauf hinweisen zu müssen, dass bei Anwendung eines Spaltes die Achromasie des optischen Bildes für die Beobachtung seines Spectrums, namentlich einzelner Theile desselben, unwesentlich ist und daher die hier angedeutete Construction vor derjenigen mit lichtstarken Achromaten den Vorzug bedeutend grösserer Wohlfeilheit beanspruchen dürfte. Selbstverständlich wird man in denjenigen Fällen auf diesen Vortheil verzichten müssen, wō es sich, wie z. B. bei Doppelsternen, um möglichst scharfe Trennung der zu untersuchenden Objecte handelt.

Es mag mir schliesslich noch gestattet sein, einige Bemerkungen über Probleme und Methoden mitzutheilen, welche sich auf Spectralbeobachtungen an der Sonne beziehen und mich gegenwärtig beschäftigen.

Die Sonne besitzt eine Rotationsgeschwindigkeit vermöge deren sich ein Punct ihres Aequators mit einer Geschwindigkeit von ungefähr 0.25 deutschen Meilen bewegt. Erzeugt man daher mit Hülfe eines Heliometers oder auf anderem Wege ein Doppelbild von der Sonne und bringt durch passende Stellung zwei Punkte der Aequatorialränder zur Berührung, so grenzen an der Berührungsstelle Theile der Sonnenoberfläche an einander, von denen sich die einen mit einer Geschwindigkeit von der angegebenen Grösse uns nähern, die andern mit derselben Geschwindigkeit sich von uns entfernen. Hierdurch entsteht eine Geschwindigkeitsdifferenz der sich berührenden Theile in der Richtung der Gesichtlinie von etwa einer halben deutschen Meile. Dem Obigen zufolge würde eine solche Bewegungsgrösse eine Lagenveränderung der Natronlinie bewirken, welche dem 80sten Theile ihres Abstandes entspräche. Gelingt es daher durch Combination einer genügenden Anzahl von Prismen eine solche Grösse wahrzunehmen, resp. zu messen, so braucht man nur die Mitte des Spaltes in die Ver-

1) In der optischen Werkstätte von Herrn H. Schröder in Hamburg angefertigt.

Digitized by Google

bindungslinie der beiden Mittelpuncte der sich tangirenden Sonnenbilder zu bringen, um alsdann die beiden Spectra der sich berührenden Sonnenränder im Gesichtsfelde des Spectroscopes dicht neben einander zu sehen und so unter den günstigsten Verhältnissen die fragliche Verschiebung zu beobachten. Auf diese Weise liesse sich dann die Lage des Sonnenäquators und, im Falle der Ausführbarkeit von Messungen, die Rotationsgeschwindigkeit in verschiedenen heliographischen Breiten bestimmen, was mit Rücksicht auf die in neuester Zeit über diesen Punct ausgesprochenen Ansichten von grösstem Interesse sein würde.

Aber auch abgesehen von einer quantitativen Bestimmung des fraglichen Phänomens würde durch einen selbst nur qualitativen Nachweis desselben ein einfaches Mittel gefunden sein, sämmtliche Linien, welche durch Absorption in der Erdatmosphäre im Sonnenspectrum entstanden sind, von denjenigen zu trennen, welche der Sonnenatmosphäre ihren Ursprung verdanken, indem sich die gedachte Verschiebung offenbar nur auf die letzteren erstrecken kann.

Ein anderer Gegenstand der spectralanalytischen Untersuchung des Sonnenkörpers sind die Protuberanzen. Bekanntlich ist es zuerst Lockyer und Janssen gelungen, das Spectrum dieser Gebilde, welches in drei hellen Linien besteht, unabhängig von einer totalen Sonnenfinsterniss zu beobachten.

Gegenwärtig ist man von verschiedenen Seiten her auf's Eifrigste bemüht, Methoden ausfindig zu machen, welche es gestatten, nicht nur jene Linien, sondern auch die ganze Gestalt der Protuberanzen gleichzeitig zu beobachten.

Die Länge der hellen Linien entspricht der Grösse der in die Richtung des Spaltes fallenden Dimension der betreffenden Protuberanz. Bringt man daher den Spalt successive in verschiedene Richtungen, so dass er die Protuberanz in ebenso vielen Lagen schneidet, so ist man im Stande, die Form des beobachteten Gebildes zu construiren, wie dies bereits Lockyer gethan hat. Hierauf gestützt schlägt Janssen die Construction eines rotirenden Spectroscopes vor, um so bei hinreichender Schnelligkeit der Rotation mittelst der Dauer des Lichteindruckes die Gestalt der ganzen Protuberanz mit einem Male zu überblicken.

Abgesehen von den mechanischen Schwierigkeiten eines solchen rotirenden Spectroscopes, bei welchem die eine der drei hellen Pro-

Digitized by Google

tuberanzlinien genau in der Rotationsaxe liegen müsste, liesse sich der beabsichtigte Zweck einfacher und zugleich vollkommener durch Oscillation des Spaltes senkrecht zu seiner Richtung erreichen. Man würde hierdurch im Stande sein, dieselbe Protuberanz gleichzeitig in drei verschieden gefärbten Bildern zu beobachten, entsprechend den drei verschiedenen Linien ihres Spectrums.

Bei diesen Methoden mit beweglichem Spalt wird jedoch der Helligkeitsunterschied, durch welchen sich die Protuberanz vom Grunde abhebt, nach Massgabe des vom Spalt zurückgelegten Weges, beträchtlich abgeschwächt, namentlich würde bei dem rotirenden Spectroscop die Helligkeit der Protuberanz selber von dem Rotationscentrum aus nach dem Rande hin abgeschwächt und dadurch die Beobachtung der natürlichen Helligkeitsverhältnisse des Gebildes vereitelt werden.

Aus diesem Grunde beabsichtige ich eine andere, sehr einfache Methode zur Erreichung des fraglichen Zieles in Anwendung zu bringen, von deren practischer Ausführbarkeit ich mich bereits durch unten näher zu beschreibende Versuche an irdischen Lichtquellen überzeugt habe. Die Principien, auf denen diese Methode beruht, sind folgende:

1. Die scheinbare Helligkeit (Glanz, claritas visa[1]) eines Protuberanzstreifens ist unabhängig von der Oeffnung des Spaltes, unter der Voraussetzung, dass dieselbe auf der Netzhaut stets eine wahrnehmbare Breite behält.

2. Die Helligkeit des superponirten Spectrums wächst proportional der Spaltbreite.

3. Bei oscillirendem oder rotirendem Spalte bleibt die Helligkeit des superponirten Spectrums unverändert, diejenige des durch die Permanenz des Lichteindruckes entstandenen Protuberanzbildes dagegen nimmt nach einem Gesetze ab, welches von der Zahl und Dauer der in der Zeiteinheit stattfindenden Reizungen der betreffenden Netzhautstelle und von der Brechbarkeit des beobachteten Protuberanzstreifens abhängt.

Nimmt man der Einfachheit halber an, die ganze Fläche, über welche sich der Spalt bei seiner Rotation oder Oscillation bewegte, wäre von der Protuberanz erfüllt, und setzt voraus, die Intensität des entstehenden Nachbildes wäre umgekehrt proportional jener Fläche (entsprechend einer gleichmässigen Ausbreitung des durch den ruhen-

1) Lambert, Photometria etc. §§ 36 und 37.

Digitized by Google

den Spalt gehenden Lichtes über jene Fläche), so würde, unter Annahme der obigen drei Sätze, das Intensitätsverhältniss zwischen Grund und Protuberanz dasselbe bleiben, mag man

Erstens durch Oscillation des Spaltes die Helligkeit des Protuberanzgebildes herabsetzen und hierdurch die Helligkeit des superponirten Spectrums oder Grundes (nach 2) unverändert lassen

oder mag man

Zweitens den ruhenden Spalt so weit öffnen, dass sich seine Oeffnung gerade über den Raum ausdehnt, über welchen sich im ersten Falle die Oscillation erstreckte. Hierdurch bleibt (nach 1) die scheinbare Helligkeit der Protuberanz unverändert, die des Grundes wird aber in demselben Verhältniss gesteigert, wie sie vorher bei constantem Grunde abgeschwächt wurde.

Man würde daher unter den gemachten Voraussetzungen das beabsichtigte Ziel viel einfacher auf dem zweiten Wege erreichen, wenn man stets dafür Sorge trüge, dass, der Blendung wegen, das intensive Licht des eigentlichen Sonnenkörpers nicht in den Spalt dringt.

Der Spalt brauchte dann nur gerade so weit geöffnet zu werden, dass die Protuberanz oder ein Theil derselben in der Oeffnung erschiene. Durch polarisirende oder absorbirende Medien, welche vor das Ocular gesetzt werden, wird für eine zweckmässige Abschwächung des ganzen Gesichtsfeldes gesorgt werden müssen, um das Intensitätsverhältniss zwischen Protuberanz und superponirtem Spectrum für die Empfindung möglichst stark hervortreten zu lassen.

Durch diese Betrachtungen geleitet habe ich versucht, die Bedingungen, unter denen die Protuberanzen sichtbar sind, mit Hülfe irdischer Lichtquellen zu realisiren, um auf diese Weise beide Methoden zu prüfen und mich von ihrer practischen Anwendbarkeit zu überzeugen. Zum besseren Verständniss der beschriebenen Versuche seien zuerst folgende Bemerkungen vorausgeschickt.

Der Grund, weshalb die Protuberanzen nicht unter gewöhnlichen Verhältnissen bei Abblendung des intensiven Sonnenbildes am Rande desselben sichtbar sind, liegt in den das Bild der Protuberanz überdeckenden, stark beleuchteten Theilchen unserer Atmosphäre. Bei einer totalen Sonnenfinsterniss wird dieses superponirte Licht so beträchtlich abgeschwächt, dass sich alsdann die intensiv leuchtenden Protuberanzen

Digitized by Google

von den beleuchteten Theilen der Korona der verfinsterten Sonne abheben. Von der Grösse der hierzu erforderlichen Abschwächung des diffusen Lichtes unserer Atmosphäre kann man sich ungefähr einen Begriff machen, wenn man die mittlere Beleuchtung der Atmosphäre bei einer totalen Sonnenfinsterniss gleich derjenigen bei mittlerem Vollmonde annimmt. Nach meinen photometrischen Messungen[1]) ist diese Beleuchtung 618000mal schwächer als die durch die Sonne hervorgebrachte; in einem ähnlichen Verhältnisse müsste daher auch die auswählende Absorption gefärbter Medien bezüglich des homogenen Lichtes der Protuberanzen stehen, wollte man, — wie dies gegenwärtig von verschiedenen Seiten versucht wird — auf diesem Wege, ohne Dispersion, die Protuberanzen sichtbar machen.

Dagegen beruht die Möglichkeit, dieses Ziel mit Hülfe des Prisma's durch Zerstreuung des superponirten atmosphärischen Lichtes hervorzubringen, wesentlich auf dem Umstande, dass dieses Licht aus Strahlen aller Brechbarkeiten, jenes der Protuberanzen jedoch nur aus drei homogenen Strahlengattungen zusammengesetzt ist.

Die Superposition einer nicht homogenen Lichtmasse über einen mit homogenem Lichte leuchtenden und von scharfen Umrissen begrenzten Körper habe ich nun künstlich in folgender Weise bewirkt.

Der Docht einer Alkoholflamme wurde mit Chlornatrium und Chlorlithium imprägnirt. In einem Abstande von 18 Fuss vor dieser Flamme wurde unter einem Winkel von 45° gegen die Beobachtungsrichtung eine Spiegelglasplatte so aufgestellt, dass das reflectirte Bild einer seitlich befindlichen Petroleumflamme die schwach leuchtende Alkoholflamme bedeckte und durch ihre bedeutend grössere Intensität dieselbe vollkommen unsichtbar machte. Etwa in der Entfernung eines Fusses vor der reflectirenden Glasplatte befand sich eine kleine Linse von 6 Zoll Brennweite, welche ein kleines Bild der Alkoholflamme auf den Spalt des Spectroscops warf. Der letztere war am Ende einer 10 Zoll langen Feder befestigt, durch welche er, aus seiner Gleichgewichtslage entfernt und dann sich selbst überlassen, etwa 5 Minuten hindurch in Oscillationen von hinreichender Amplitude versetzt werden konnte.

Zunächst wurde nun die Breite der Spaltöffnung so weit verringert, dass bei ruhendem Spalt die Doppellinie D und, verhältnissmässig schwach, auch die Lithiumlinie scharf begrenzt im Felde erschienen.

1) Photometrische Untersuchungen etc. p. 105 ff. Leipzig 1865.

Digitized by Google

Sobald der Spalt in Oscillation versetzt wurde, verwandelten sich diese Linien in scharfe Bilder der Alkoholflamme, von denen sich die beiden Natronbilder etwa bis zur Hälfte deckten. Die scheinbare Helligkeit dieser drei Bilder war im Vergleich zu derjenigen der hellen Linien beträchtlich kleiner und in Folge dessen auch ihre Abhebung von dem diffus erleuchteten Spectralgrunde in demselben Verhältniss geringer als die der Linien bei ruhendem Spalt.

Als ich nun die zweite der oben vorgeschlagenen Methoden in Anwendung brachte und den ruhenden Spalt so weit öffnete, dass eben noch das Bildchen der Alkoholflamme von der rechteckigen Spaltöffnung umgrenzt wurde, war ich überrascht durch die bei Weitem grössere Schönheit und Deutlichkeit, mit welcher sich die Flammenbilder von dem diffus erleuchteten Spectralgrunde abhoben.

Es scheint daher die oben bei der theoretischen Erörterung nach einem einfachen Gesetze angenommene Abschwächung der scheinbaren Helligkeit der Protuberanz durch den oscillirenden Spalt, zu Gunsten der zuletzt angewandten Methode, eine beträchtlich stärkere zu sein.

Ich bemerke hierbei, dass zu diesem Versuche nur eins der oben erwähnten neueren Prismen von mir angewandt wurde. Es ist aber klar, dass mit zunehmender Dispersion die Abschwächung des superponirten, nicht homogenen Lichtes beliebig gesteigert werden kann.

Der Anwendbarkeit dieser Methode auf die Protuberanzen der Sonne steht, wie man sieht, principiell keine Schwierigkeit im Wege[1]). Das practische Gelingen ist jedoch, bei dem gegebenen Intensitätsverhältniss des homogenen Protuberanz- und superponirten Atmosphären-Lichtes, wesentlich davon abhängig, ob eine für dieses Verhältniss hinreichend starke Zerstreuung des Lichtes erzielt werden kann. Wenn es jedoch erlaubt ist, von der Intensität und Deutlichkeit, mit welcher die Linien der Protuberanzen erscheinen, namentlich die mittelste — wovon ich mich durch eigene Anschauung am 24. December des vergangenen Jahres auf der Sternwarte zu Berlin überzeugt habe — auf eine sehr bedeutende relative Helligkeit der Protuberanzen zu schliessen, so dürften die mir gegenwärtig durch den Besitz von vier vorzüglichen Prismensystemen zur Verfügung stehenden Mittel wohl ausreichend sein, um das Problem der Sichtbarkeit der Protuberanzen auf dem hier vorgeschlagenen Wege befriedigend zu lösen.

1) Wegen noch nicht vollendeter Aufstellung der erforderlichen Instrumente habe ich bis jetzt auf eine eigene Prüfung dieser Methode an der Sonne verzichten müssen.

Digitized by Google

Meteorologische Instrumente.

Der registrirende Anemometer von Prof. Dr. Ferdinand Brusotti zu Pavia.

Nach der Meteorologia Italiana Supplemento 1869.

(Hiezu Tafel XIX.)

Nachdem verschiedene Observatorien in Italien mit guten Instrumenten für die Messung des Luftdruckes, der Feuchtigkeit und der Temperatur versehen worden waren, machte sich das Bedürfniss eines verlässlichen Apparates zur Messung der Geschwindigkeit und Richtung des Windes fühlbar.

Prof. Giovanni Cantoni, welcher sich mit dem Gegenstande beschäftigte, gab dem Anemometer Parnisetti's[1]), welcher wegen seiner Einfachheit mehr als andere complicirtere dem Zwecke zu entsprechen schien, den Vorzug.

Der eben erwähnte Anemometer registrirt in der That mit hinreichender Annäherung mittelst eines sehr einfachen Mechanismus und ohne electrische Ströme zu Hilfe zu nehmen, die Windgeschwindigkeit; ein Umstand, der nicht gering zu achten ist, wenn man bedenkt, dass, wenn die auf der Benützung electrischer Ströme beruhenden Apparate im Allgemeinen genauer und einfacher sind, sie dafür den gewichtigen Uebelstand der unbequemen und kostspieligen Erhaltung der Batterien mit sich bringen, insbesondere dort, wo nicht auch gleichzeitig andere Apparate mittelst der Electricität in Betrieb gesetzt werden.

Da der Anemometer von Parnisetti blos die Geschwindigkeit des Windes registrirt, so musste man daran denken, ihn auch zur Aufzeichnung der Richtung des Windes einzurichten. Sowohl P. Parnisetti als Prof. Brusotti legten Entwürfe vor und von diesen beiden Entwürfen wurde der letztere von den Herren Longoni und Dell'

1) Canonicus und Director des Observatoriums zu Alessandria.

Digitized by Google

Acqua, Leitern des Tecnomasio Italiano[1]), als der einfachere erklärt. Er wurde somit in ähnlichen Formen und Dimensionen mit jenen des Apparates hergestellt, der sogleich beschrieben werden soll und der in verticaler Projection auf Tafel XIX Figur 1 und zwar im zehnten Theile der natürlichen Grösse, was den Theil anbelangt, auf welchen der Wind unmittelbar einwirkt, und auf Tafel XIX Figur 2 in halber natürlicher Grösse für den eigentlichen Registrirapparat abgebildet ist.

Ehe wir jedoch den Apparat Brusetti's beschreiben, wird es zweckmässig sein, jenen Parnisetti's in Kürze auseinander zu setzen.

Der Anemometer Parnisetti's[2]) besteht wie jeder ähnliche Registrirapparat aus einem Theile, welcher die Wirkung des Windes aufnimmt, und einem andern Theile, der dieselbe aufzuzeichnen bestimmt und in der Regel innerhalb des Beobachtungszimmers untergebracht ist.

Der erste, bewegende Theil besteht aus dem Robinson'schen Schalenkreuze, wie es in *a* Fig. 1 zu sehen ist. Dasselbe wird von zwei aufeinander senkrechten Stäben, welche sich auf einer horizontalen Ebene befinden und an ihren Enden mit hohlen Halbkugeln versehen sind, gebildet. Diese Halbkugeln haben ihre hohlen Seiten übereinstimmend gestellt, so dass beim Wehen des Windes das Schalenkreuz sich durch den Ueberschuss des Druckes bewegt, welcher von dem Luftstrome auf die hohle Seite der Halbkugel ausgeübt wird.

Die Axe oder Spindel, an welcher das Schalenkreuz befestigt ist, trägt eine Schraube ohne Ende, welche ein gezähntes Rädchen so bewegt, dass bei jedem Umgange der Schraube ein Zahn des Rädchens sich vorbeibewegt; das Rädchen trägt ferner in einem Puncte seiner Peripherie einen Stift, welcher bei jeder Umdrehung des Rädchens einen Hebel *de*, welcher seinen Stützpunct in *f* hat und mit demselben ein Gewicht *t*, welches an der Schnur *g* befestigt ist, empor hebt. Wenn das Rädchen hierauf seine Bewegung fortsetzt, so sinkt das Gewicht *t*, sich selbst überlassen, herab und übt dadurch eine Wirkung auf den Registrirapparat aus.

Der Registrirapparat Parnisetti's für die Aufzeichnung der Geschwindigkeit des Windes besteht aus einer horizontalen Scheibe,

1) Anstalt zur Erzeugung physikalischer und meteorologischer Apparate zu Mailand.

2) P. Parnisetti selbst hat die Beschreibung seines Anemometers unter dem Titel: „Anemometrografo alla Specola del Seminario, Alessandria 1865" veröffentlicht.

Digitized by Google

welche mittelst eines Uhrwerkes um eine verticale Axe bewegt wird. Auf der Scheibe, welche in einem Tage eine volle Umdrehung macht, ist ein Blatt Papier ausgebreitet, welches in 24 gleiche Sectoren eingetheilt ist; über demselben befindet sich ein kleiner horizontaler Hebel, welcher an einem seiner Enden eine verticale Spitze oder Zeichenstift trägt. Diese Spitze wird durch eine schwache Stahlfeder in einiger Entfernung von der Scheibe festgehalten; jedesmal jedoch, wenn das durch die Wirkung des Schalenkreuzes emporgehobene Gewicht herabfällt, zeichnet die Spitze einen Punct auf dem Quadranten.

Jeder gezeichnete Punct entspricht einem Wege von 1 Kilometer, den der Wind zurückgelegt hat und es drückt daher die Anzahl der Puncte, welche während einer bestimmten Stunde gezeichnet werden, die entsprechende Geschwindigkeit des Windes in Kilometern per Stunde aus.

Um diesen sehr einfachen Apparat in der Weise einzurichten, dass derselbe auch die Richtung des Windes aufzeichne, wurde derselbe in folgender Art umgestaltet.

Neuer Anemometer. Bewegender Theil. Indem man den von P. Parnisetti angewendeten Mechanismus, soweit er die Windgeschwindigkeit betrifft, ungeändert liess, wurde für die Windesrichtung eine Windfahne *h* Fig. 1 hinzugefügt, welche sich um eine verticale Axe *kk'* bewegt. Am Ende *k'* dieser verticalen Axe befinden sich zwei conische Räder, welche in der Zeichnung nicht zu sehen sind, mittelst deren die verticalen Umdrehungen der Spindel *kk'* in gleiche horizontale Rotationen der kurzen Axe *i* verwandelt werden; diese Axe überträgt wieder mittelst eines Rädchens und einer Kette die Drehungen in unveränderter Weise auf den Registrirapparat.

Registrirapparat. Derselbe besteht aus einer cylindrischen Trommel *ll* Fig. 2, welche eine gleichförmige drehende Bewegung hat, die ihr durch das in dem Kästchen *A* enthaltene Uhrwerk mitgetheilt wird. Auf dieser Trommel befindet sich ein Papierstreifen *mm m'm'*, welcher sowohl zur Aufzeichnung der Geschwindigkeit, als zu jener der Richtung des Windes dient; derselbe wird gespannt erhalten durch das Gewicht eines Holzcylinders, welcher sich am unteren Ende des Streifens befindet und in der Zeichnung nicht abgebildet ist. Der erwähnte Papierstreifen wurde in vorhinein der Längsrichtung nach in vier schmälere Streifen, welche den 4 Haupt-

Digitized by Google

Windrichtungen entsprechen und senkrecht darauf in 24 gleiche Zwischenräume, welche den 24 Stunden des Tages entsprechen, eingetheilt.

Ueber der Trommel befindet sich auf eine Axe aufgesteckt der kleine Cylinder *nn*, welcher einen einzigen Gang einer sehr hervorstehenden Schraubenspindel trägt. Die Enden *nn* des Schraubenganges entsprechen den verticalen Ebenen, welche durch die mit *NN'* auf dem Papiere bezeichneten beiden Geraden hindurchgehen.

Dieser Cylinder kann mittelst seiner Axe und des Cardani'schen Gelenkes *o* zugleich mit dem gezähnten Rädchen *p* rotiren, welches mittelst der Kette seine Bewegung von der Windfahne empfängt. Der Cylinder *mm*, dessen Axe in dem Falle, wenn ein Punct der Schraube mit dem Papiere in Berührung ist, parallel zu der Trommel *ll* ist, wird für gewöhnlich durch eine schwache Stahlfeder etwas emporgehoben, indem sich die Axe in dem Gelenke bei *o* biegt; das Ende *s* des Cylinders *nn* wird auf diese Weise emporgehoben, bis dasselbe einem Stift oder kleinen Cylinder von Eisen begegnet, welcher sich mit sehr geringer Reibung in einer am Boden der cylindrischen Schutzhülle *u* angebrachten Bohrung bewegt und hiedurch zur Berührung mit dem Gewichte *t* gebracht wird.

Nachdem dies vorausgeschickt worden ist, wird man leicht einsehen, in welcher Weise der Apparat functionirt.

Setzen wir voraus, es wehe ein Südwind und der Apparat sei früher derart rectificirt worden, dass der Berührungspunct der Schraube des Cylinders *nn* bei dem Herabsinken des letzteren in die Mittellinie des Papiers falle, welche in der Figur mit *SS'* bezeichnet ist und einem Südwinde entspricht. Ausserdem lasse man den Papierstreifen sich auf der Trommel in der Weise abwickeln, dass diejenige Transversal-Linie auf dem Papiere, welche der Stunde entspricht, in welcher man die Registrirung beginnt, mit der höchsten erzeugenden Geraden oder Seitenlinie der Trommel *ll* zusammenfalle.

Setzen wir nun voraus, es wehe der Wind fortwährend aus Süden, so wird das Schalenkreuz bei seiner Drehung das Gewicht *t* von Zeit zu Zeit emporheben und dieses wird, indem es auf das Ende *s* des Cylinders herabfällt, auf dem Papier eine Reihe kleiner Striche zeichnen, welche sich nicht decken werden, indem das Papier durch das Uhrwerk stetig bewegt wird. Wenn man die Einrichtung derart getroffen hat, dass ein registrirtes Zeichen einem Kilometer entspreche, so wird die Anzahl der während einer Stunde registrirten Puncte die

Digitized by Google

Geschwindigkeit des Windes in Kilometern anzeigen und da nach der Voraussetzung diese Zeichen auf der Südlinie erscheinen werden, so wird man daraus schliessen, dass die Richtung des Windes aus Süd war.

Es ist nun leicht einzusehen, dass kraft der Verbindung zwischen der Windfahne und dem Cylinder *nn* die erstere sich nicht drehen kann, ohne den letzteren zu bewegen und dass in Folge dessen bei der Aenderung der Windesrichtung auch die Lage der auf dem Papiere registrirten Zeichen sich in Bezug auf die Längslinien ändern wird.

Wenn nun statt des Südwindes ein Ostwind weht, so werden sich die gezeichneten Puncte auf der Linie *OO'* befinden und wenn der Wind aus irgend einer beliebigen Richtung weht, so werden die Zeichen zwischen der einen und der andern Linie enthalten sein, welche den Hauptrichtungen entsprechen, zwischen welche der eben wehende Wind hineinfällt.

Blos eine Windesrichtung und zwar in unserem Falle der Nordwind wird auf dem Papiere mittelst zweier Reihen von Zeichen registrirt und es ist deshalb bei der Ableitung der Windgeschwindigkeit nöthig, diese beiden Zeichen als ein einziges zu behandeln.

Nach dieser kurzen Auseinandersetzung wird es klar sein, dass die Zahl der zwischen zwei Transversal-Linien enthaltenen Zeichen die dieser Stunde in Kilometern entsprechende Geschwindigkeit des Windes gibt und ihre Lage in Bezug auf die Longitudinal-Linien die Richtung des Windes bestimmt.

Um jedoch den Zahlenwerth der Windgeschwindigkeit zu erhalten, ist es nöthig, den numerischen Werth eines auf dem Papier registrirten Zeichens mit einiger Genauigkeit zu kennen und um die Rechnung zu vereinfachen, ist es zweckmässig, dass ein solches Zeichen jener Einheit entspreche, in welcher man die Windgeschwindigkeit ausdrücken will. Eine leichte Ueberlegung lehrt, dass diese Einheit nicht zu klein gewählt werden darf, indem man sonst die Zahl der zu registrirenden Zeichen und mit ihr die Länge des Papiers allzusehr vervielfältigt. Andererseits wird man diese Einheit nicht zu gross wählen, weil dieselbe eben den Grad der Genauigkeit bestimmt, mit welcher die Windgeschwindigkeit nach der Zeichnung abgeschätzt werden kann.

Für den hier beschriebenen Anemometer wurde nach einigen von den Herren Prof. Brusotti und Dr. Paolo Cantoni an einem Modelle vorgenommenen Versuchen der Kilometer als Einheit an-

Digitized by Google

genommen, indem diese Annäherung bei derartigen Messungen für hinreichend erachtet wurde.

Die Formel, von der man ausging, war jene Robinson's, nach welcher die Geschwindigkeit des Windes dreimal so gross ist, als jene der Mittelpuncte der Halbkugeln. Wenn man also die Geschwindigkeit des Windes mit V, die Anzahl der Umdrehungen mit n und den Durchmesser des Schalenkreuzes mit d bezeichnet, so wird man haben:

$$V = 3 n \pi d.$$

Hieraus folgt:

$$d = \frac{V}{3 n \pi}.$$

Setzt man in diesem Ausdrucke $V = 1000$ m. und bedenkt man, dass die Anzahl der Umdrehungen zwischen je zwei Zeichen der Anzahl der Zähne des Rädchens entspricht, welches in die Schraube ohne Ende eingreift, so wird, wenn diese Anzahl wie bei dem in Rede stehenden Apparate 126 ist:

$$n = 126$$

und

$$d = 0.842 \text{ m.}$$

sein.

So sehr sich übrigens die Formel Robinson's der Wahrheit nähern und so genau auch der Apparat ausgeführt sein mag, immer dürfte es zweckmässig sein, diese Apparate durch Vergleichung derselben mit einem Normal-Instrumente empirisch zu reguliren in der Weise, dass alle für dieselbe Windgeschwindigkeit auch dieselbe Anzahl von Zeichen geben. Um diese Regulirung zu erleichtern, wird es zweckmässig sein, die Halbkugeln längs der Arme des Schalenkreuzes verschiebbar einzurichten, so dass sie blos mittelst Druckschrauben festgehalten werden, denn auf diese Weise wird man mittelst directer Versuche und indem man die Halbkugeln entsprechend verschiebt, im Stande sein, die mit diesen Apparaten erhaltenen Resultate unter einander vergleichbar zu machen.

Digitized by Google

Der electrisch registrirende Anemometer der kgl. Sternwarte zu Modena.

Beschrieben von Prof. Domenico Ragona*).

(Mit Tafel XX.)

Der Anemometrograph von Salleron, welchen die k. Sternwarte zu Modena der Freigebigkeit des Provinzial-Rathes von Modena verdankt, besteht aus zwei getrennten Apparaten, welche miteinander durch mit Guttapercha überzogene Kupferdrähte verbunden sind, welche die electrischen Ströme fortzupflanzen bestimmt sind. Der erstere dieser Apparate, welcher sich auf einem erhöhten und durchaus freien Orte befindet, ist der Sammel-Apparat, der andere, welcher innerhalb des Beobachtungs-Zimmers untergebracht ist, der Registrir-Apparat. Die Figur 1 Tafel XX stellt den Sammelapparat, der die Wirkung des Windes aufzunehmen hat, in seiner Gänze dar. Am oberen Theile desselben befindet sich eine hohle gefirnisste Eisenröhre *PP* Fig. 3 Tafel XX und in der Axe dieser Röhre bewegt sich ein dünner Stahl-Cylinder *ii*, welcher unten in eine Spitze endet, welche auf der polirten Ebene *s* aufruht; oben dreht sich dieser Cylinder in einem kreisrunden Loche, welches in der Mitte einer starken mit zwei Schrauben am Ende der Röhre befestigten Stahlplatte *b'* angebracht ist. An diesem stählernen Cylinder *ii* ist oben ein aus zwei eisernen Stäben bestehendes Kreuz angebracht und jeder Stab trägt an seinen beiden Enden eine hohle Halbkugel. Die vier Halbkugeln bewegen sich so, dass die convexe Seite derselben vorangeht, indem immer die hohle Seite der einen Halbkugel gegen die convexe Seite der nächsten gewendet ist. Um zu verhüten, dass die horizontale Ebene des Kreuzes eine Verbiegung erfahre, vereinigt ein eiserner Ring die vier Arme in der Nähe des centralen Theiles. Das Kreuz ist an dem Cylinder *ii* mittelst einer in *a'* (somit auf dem vorstehenden Theil des Cylinders) angebrachten Klemmschraube und eines Messing-Würfels *m'* befestigt, welcher am Ende des Cylinders aufgeschraubt wird und einen Leder-Ring *n'* festklemmt, um die Fugen hermetisch zu schliessen.

Figur 2 Tafel XX stellt das Innere des Sammel-Apparates ohne das Rohr *P* dar. Zwei Kegel aus Eisenblech, deren entgegengesetzt gestellte Grundflächen sich in einem Cylinder vereinigen, bilden, wie man in Figur 1 Tafel XX sieht, die Einhüllung des inneren

1) Supplemento della Meteorologia Italiana, Anno 1868.

Digitized by Google

Mechanismus. Der untere Kegel bleibt unverändert an seiner Stelle und nur in den Fällen, in welchen dies unausweichlich ist, wird ein Streifen in der Seitenfläche geöffnet, welcher sonst mittelst 6 mit Köpfen versehenen Schräubchen geschlossen gehalten wird. Der obere Kegel, mit welchem der cylindrische Theil verbunden ist (in welchem Theile sich zwei gegenüberliegende Oeffnungen befinden, um die horizontale Drehungs-Axe *DD* hindurchzulassen), lässt sich im Ganzen abnehmen und ist in seiner Lage mittelst einer messingenen Schraubenmutter *G* befestigt. Die Röhre *P* mit dem Schalenkreuze Figur 1 Tafel XX wird an dem Apparate mittelst des starken Cylinders *E*, der innen hohl und aussen mit einer Schraube versehen ist, festgemacht. Der Sammel-Apparat lässt sich als aus drei bestimmt unterschiedenen Theilen bestehend betrachten. Der eine Theil hievon ist die Röhre *P* mit dem Schalenkreuze Figur 1 Tafel XX, während die beiden andern zusammen in der Figur 2 Tafel XX abgebildet sind. Der erstere Theil von diesen, welchen ich den beweglichen Theil nennen will, besteht aus einem breiten und starken Eisenringe *C* mit vier Armen *N*. Auf der Peripherie dieses Ringes und zwar auf der oberen Seite desselben erheben sich drei gekrümmte Spangen aus Eisen, welche sich in dem Cylinder *E* vereinigen. In der Mitte des Ringes *C* oder an derjenigen Stelle, wo sich die vier Arme *N* vereinigen, ist ein Eisenwürfel *e* angebracht, der in der Mitte durchbohrt ist, um die Axe *DD* durchzulassen, an deren beiden Enden Räder mit schiefgestellten Platten mittelst der Würfel *s* befestigt sind. Diese eiserne Axe *DD* ist mit einem Triebe *a* Figur 4 versehen. An der unteren Fläche des Ringes *C* sind 4 eiserne Lager befestigt, von welchen zwei *uu* für die Axe *DD* bestimmt sind. In den andern beiden *u'* und *u''* drehen sich die Rädchen *A* und *B*, von welchen das erstere mit dem Triebe *b* und das zweite mit dem Triebe *c* in Verbindung steht. Die Anordnung dieser Räder und Getriebe ist aus Figur 4 zu ersehen, so dass es klar ist, dass sich dieselben in Bewegung setzen, sobald die Axe *DD* sich dreht. Das Triebrad *a* hat 25, *b* und *c* je 12 Zähne, während das Rad *A* 40 und *B* 50 Zähne hat und aus diesem Grunde macht das Triebrad *c* 3 Umdrehungen, während *a*, oder was dasselbe ist, das System der beiden Flügelräder 20 Umdrehungen vollführt. In der Mitte des centralen Würfels *e* Fig. 2 ist senkrecht auf die Ebene des Ringes ein eiserner Cylinder *ff* befestigt, welcher in eine Spitze *t* endigt.

Digitized by Google

Der dritte Theil des Sammel-Apparates, welchen ich den fixen Theil nennen will, besteht aus einem eisernen Ringe *H* Figur 2 von gleichem Durchmesser mit dem Ringe *C*; dieser Ring ist nach oben hin mit Zähnen versehen. Er ist an 3 eisernen Armen befestigt, welche in der Mitte einen breiten Holzteller *o* tragen, der in der Mitte durchbohrt ist. Der Ring *H* mit seinen drei Armen wird von drei starken gekrümmten Eisenspangen getragen, welche sich unterhalb in dem Cylinder *L* vereinigen. Dieser dritte Theil des Sammel-Apparates wird an dem Orte, wo der Anemometer aufgestellt werden soll, solid befestigt. Die zwei eben beschriebenen Theile des Sammel-Apparates lassen sich auseinander nehmen und in der Weise zusammensetzen, wie dies in Figur 2 dargestellt ist. Wenn sie vereinigt werden, so passt die cylindrische Spindel *f* des beweglichen Theiles in das Loch in der Mitte des Tellers *o* und die Spitze *t* derselben ruht in einem polirten ausgehöhlten Lager *d*, welches mittelst einer Schraube sich langsam heben oder senken lässt zur entsprechenden Rectification des Apparates. Der bewegliche Theil steht mit dem fixen nicht durch sein Gewicht allein in Verbindung, sondern auch mittelst eines messingenen Ringes *x*, welcher mittelst einer Klemmschraube an der cylindrischen Spindel *ff* unterhalb des Vereinigungs-Punctes der drei Arme des Ringes *x* befestigt wird. Wenn man die Schraube dieses Ringes löst, so fällt derselbe bis an das obere Ende der Stütze *d* herab und wenn man dann den beweglichen Theil hinaufzieht, so trennt sich derselbe von dem fixen und nimmt alle an dem Ringe *C* befestigten Gegenstände, nämlich die Axe *DD*, den Würfel *e* mit dem Cylinder *f*, die Räder, die Triebe u. s. w. mit sich. Wenn die beiden Theile vereinigt sind (wie dies in Figur 2 dargestellt ist), so greifen die Zähne des Triebrades *c* in jene des Radkranzes *H* und wenn somit die Axe *DD* gedreht wird, so dreht sich, in Folge des Widerstandes der Zähne des Ringes *H*, der Eisenring *C* mit allen an demselben befestigten Bestandtheilen (oder was dasselbe ist, der erste und zweite Theil des Apparates) in seiner Ebene auf dem Zapfen *t*.

Nach dieser allgemeinen Beschreibung des Sammel-Apparates gehen wir nun zu einer detaillirteren Angabe der verschiedenen Theile desselben über.

Wenn das Schalenkreuz horizontal und der Wirkung eines Luft-

Digitized by Google

stromes ausgesetzt ist, so dreht sich dasselbe mehr oder weniger schnell, nach der Geschwindigkeit eben dieses Luftstromes, jedoch immer in derselben Richtung. In der That übertrifft die Wirkung des Windes auf dem hohlen Theil der Halbkugel immer jene auf dem convexen Theil derselben. Wenn das Schalenkreuz sich dreht, so dreht sich natürlich auch die cylindrische Spindel *ii* Fig. 3, welche mit dem ersteren ein und dasselbe System bildet. Die Eisenröhre *P* hat gegen ihre Mitte hin eine Büchse *Q*, welche, wenn der Apparat in Thätigkeit ist, mittelst eines Deckels aus gefirnisstem Eisen, der mit 4 Schrauben befestigt wird, vollkommen geschlossen ist. Die Spindel *ii* hat in dem der Büchse *Q* entsprechenden Theile eine Schraube ohne Ende, welche in die Zähne eines messingenen Rädchens *J* eingreift, welches Rädchen sich innerhalb der Büchse um die Axe *l* dreht. Dieses Rädchen, welches durch die Drehung des Schalenkreuzes in Bewegung gesetzt wird, hat 200 Zähne. Jeder Umgang des Schalenkreuzes macht, dass das Rädchen um 1 Zahn vorwärts geht und es sind daher 200 Umdrehungen des Schalenkreuzes erforderlich, um eine volle Umdrehung des Rädchens *J* zu bewirken. An einem Punkte der Peripherie dieses Rädchens *J* ist ein Stift *h* aus Platin senkrecht auf die Ebene des Rädchens befestigt. Auf einer Seite der Büchse *Q* befindet sich eine Messingfeder β, welche mittelst der Schraube *M* mehr oder weniger gebogen werden kann. Die Schraube *M* hat einen Kopf aus Elfenbein, welcher sich ausserhalb der Büchse befindet. Die Feder β ist auf einem Stück *w* gehärteter Guttapercha befestigt. Bei jeder Umdrehung des Rädchens *J*, somit jedesmal nach 200 Umdrehungen des Schalenkreuzes berührt der Stift *h* die Feder. Ein mit Guttapercha überzogener Kupferdraht *v v'* geht von dieser Feder aus, läuft innerhalb des Röhrchens *v*, steigt unterhalb der Büchse längs der Axe der Röhre *P* herab, geht durch die centrale Bohrung des cylindrischen Stückes *E* Fig. 2 und vereinigt sich auf der Scheibe *C* mit dem Messingstück *y* Fig. 4.

Die beiden Flügelräder *R* Fig. 1 erhalten durch die Wirkung des Windes zweierlei Bewegungen, eine drehende und die andere eine progressive Bewegung oder Bewegung im Azimut um den Mittelpunkt des Apparats und zwar in Folge des Widerstandes der Zähne des Ringes *H*. Es ist einleuchtend, dass diese doppelte Bewegung aufhört, sobald die Ebene der Flügel der Richtung des Windes parallel ist. Wenn diese letztere sich ändert, so drehen sich die Räder um die

Digitized by Google

Axe DD und bewegen sich im azimutalen Sinne, d. h. sie drehen sich mit allen dazu gehörigen Bestandtheilen so lange um das Centrum des Sammelapparates, bis die Flügel der neuen Windesrichtung parallel geworden sind. Es ist oben bemerkt worden, dass an der Vereinigungsstelle der drei von dem Ringe H ausgehenden Arme Fig. 2 ein kreisförmiger Holzteller oo angebracht ist, welcher (von oben gesehen) in Fig. 4 abgebildet ist. In diesem Holzteller sind 4 metallische Sectoren δ und ein geschlossener metallischer Ring π Fig. 4 eingelassen. Jeder dieser Sectoren steht unterhalb mit einem cylindrischen Messingstück μ Fig. 2 in Verbindung. An jedem dieser Messingstücke ist das Ende eines mit Guttapercha überzogenen Kupferdrahtes befestigt. Ein anderes Metallstück r, welches ebenfalls mit einem Kupferdraht versehen ist, entspricht dem Ringe π. Alle diese zusammengewundenen und vereinigten Drähte treten in τ Fig. 1 aus dem unteren Kegel des Apparates aus. In dem beweglichen Theile des Sammelapparates ist an einem der Arme N des Ringes C Fig. 2 und 4 ein metallischer Bogen η angebracht, an dessen beiden Enden zwei Stahlfedern $y\,y'$ befestigt sind, von welchen jede an ihrem unteren Ende eine Contact-Vorrichtung aus Messing mit Schraube trägt. Die beiden Contacte können sich entweder auf demselben Sector δ, oder der eine auf dem einen, der andere auf dem andern Sector befinden. Eine dritte Feder v Fig. 4 an dem gerade gegenüberliegenden Arme, welche mit dem Stifte y, somit mit dem von der Feder β ausgehenden Drahte $v\,v'$ Fig. 3 in Verbindung steht, besitzt einen Messingcontact, welcher sich fortwährend auf dem Ringe π Fig. 4 bewegt. Am unteren Theile des Sammelapparates befindet sich ein Metallstück t' Fig. 1, welches an einer der Stützen k Fig. 2 befestigt ist und an diesem Metallstück wird einer der mit den Polen der galvanischen Batterie in Verbindung stehenden Drähte festgeklemmt.

Die Art und Weise, in welcher der Apparat wirkt, ist nun folgende. Setzen wir voraus, dass der electrische Strom durch den mit dem Metallstücke t' Fig. 1 in Verbindung stehenden Draht aufsteige. Derselbe dringt in die verschiedenen Theile des Sammelapparates ein. Wenn der Platinstift h Fig. 3 die isolirte Feder β berührt, so geht der Strom zu der Feder und von derselben in den Draht $v\,v'$, welcher an dem Metallstück y Fig. 4 angebracht ist, von diesem mittelst der Feder v zu dem Metallringe π, von π zu dem darunterliegenden Metallstücke r Fig. 2, und indem derselbe den mit r in Verbindung

Digitized by Google

stehenden Draht durchlauft, gelangt er zum Registrirapparat. Wenn der Stift h Fig. 3 die Feder β nicht berührt, ist die Verbindung unterbrochen. Dies ist die Einrichtung des Apparates, insoweit sie sich auf die Geschwindigkeit des Windes bezieht.

Was die Richtung des Windes anbelangt, so ist der Strom immer geschlossen, nur ändern sich die Theile des Stromleiters, welche in Wirkung sind. Wenn man den Apparat aufstellt, so wird der Teller $o\,o$ (Figg. 2 und 4) so orientirt, dass die Mitte eines der Sectoren δ der Richtung Nord, die Mitte des entgegengesetzten Sectors der Richtung Süd und die beiden andern Sectoren der Richtung Ost und West entsprechen. Der Apparat wird in der Weise rectificirt, dass wenn ein Nordwind weht, die beiden der Windrichtung entsprechenden Federn y und y' Fig. 4 auf den Nordsector in gleichen Abständen von seiner Mitte drücken. Es ist einleuchtend, dass, wenn ein Nordwestwind weht, eine der Federn sich auf dem nördlichen, die andere auf dem westlichen Sector befinden wird. Der Sammelapparat wird bei seiner Aufstellung genau orientirt, was natürlich an einem astronomischen Observatorium sehr leicht ist. Kleinere Rectificationen lassen sich nach der Aufstellung des fixen Theiles des Sammelapparates mittelst der Schrauben p Fig. 4 und der entsprechenden Oeffnungen am Boden der Scheibe $o\,o$ ausführen. In der erwähnten Art kann ein Anemometrograph mit blos 4 Sectoren die Richtung der 8 Hauptwinde anzeigen. Es ist ferner klar, dass der electrische Strom, welcher in den gesammten Sammelapparat eindringt, zum Registrirapparate geleitet wird mittelst des Drahtes, welcher an dem Metallstücke μ Fig. 2 befestigt ist, welches Metallstück dem Sector entspricht, auf welchem die beiden Federn aufruhen, oder mittelst der beiden Drähte, welche an den zwei Metallstücken μ befestigt sind, welche den beiden Sectoren entsprechen, an welchen die Contacte stattfinden.

Nach den Versuchen Robinson's erhält man den vom Winde während einer Umdrehung des Schalenkreuzes zurückgelegten Weg, wenn man die Peripherie des von den Mittelpuncten der Halbkugeln beschriebenen Kreises mit 3 multiplicirt. Bei den registrirenden Anemometern ist dieser Umfang 1.66 Metres und somit legt der Wind bei jeder Umdrehung des Schalenkreuzes 5 Metres und nach je 200 Umdrehungen 1 Kilometer zurück. Der electrische Strom gelangt daher mittelst des geschlossenen Ringes π Fig. 4 nach jedem vom Winde zurückgelegten Kilometer zum Registrirapparate.

Digitized by Google

Gehen wir nun zu der Beschreibung des Registrirapparates über. Da derselbe ausser dem registrirenden Anemometer noch das registrirende Barometer, Udometer und Seismometer umfasst, so übergehe ich jenen Theil des Registrirapparates, welcher gemeinschaftlich ist für den Barometrographen und Anemometrographen, und der schon an einem anderen Orte beschrieben worden ist[1]). Aus demselben Grunde lasse ich aus der Zeichnung Fig. 5, welche den Registrirapparat darstellt, fast alles dasjenige weg, was die andern Instrumente betrifft.

Auf dem Brette TT, welches auf zwei Messingsäulen D ruht, welche auf der Basis PP des Apparates befestigt sind, befinden sich 5 Electromagnete, von deren Ankern Arme ausgehen, deren Enden sich in derselben Geraden und in geringer Entfernung von der Oberfläche eines sich drehenden Cylinders aus Zinkblech befinden. Auf diesem Cylinder, der durch ein Uhrwerk so bewegt wird, dass er eine volle Umdrehung in 24 Stunden vollführt, wird ein Blatt Papier, welches täglich gewechselt wird[2]), aufgewickelt und mittelst dreier Schnürchen aus Guttapercha befestigt. Dieses Papier trägt parallel zur Axe des Cylinders 96 Linien, von welchen jede einer Viertelstunde entspricht. Jede vierte Linie ist stärker und entspricht einer vollen Stunde; die Stunden von Mitternacht bis Mittag und von da bis zur nächsten Mitternacht sind an der Seite bezeichnet. Senkrecht auf die Axe des sich drehenden Cylinders hat das Papier 5 grosse Abtheilungen, welche den 4 Electromagneten der Windesrichtungen, N, O, S und W, und dem Electromagneten der Windesgeschwindigkeit entsprechen. Das Papier, welches auf den Cylinder aufgewickelt wird, ist mit Zinkweiss präparirt, damit die Schläge der Spitzen der Electromagnete eine deutliche Spur, ähnlich jener eines guten Bleistiftes, hinterlassen. Die 5 Electromagneten sind in Verbindung mit den 4 Sectoren δ Fig. 4 und dem geschlossenen Ringe π mittelst der an

---

1) Descrizione del Barometro Registratore del R. Osservatorio di Modena. Supplemento alla Meteorologia Italiana, Anno 1867.

2) Da man das Papier zwischen der Oberfläche des Cylinders und den sehr nahe an derselben befindlichen Spitzen der Hämmer einzuschalten hat, so muss man alle Sorgfalt anwenden, wenn das Papier gewechselt wird, nicht an diese Spitzen anzustossen und die Federn der Electromagnete nicht in Unordnung zu bringen. Die andern Punkte, auf welche man zu achten hat, sind in der vorhin citirten Beschreibung des registrirenden Barometers u. s. w. auseinandergesetzt worden.

Digitized by Google

die 4 Metallstücke μ und an das Stück r Fig. 2 befestigten Drähte. Figur 6 stellt einen Electromagnet in einem grösseren Massstabe dar, als derselbe der Fig. 5 zu Grunde liegt. Derselbe besteht aus einem Cylinder U aus weichem Eisen, umgeben von einem Rahmen („rocchetto"), auf welchem ein langer und dünner mit Seide übersponnener Kupferdraht aufgewickelt ist. Ein Anker C von weichem Eisen ist wenige Millimeter von dem oberen Ende des Cylinders U entfernt und wird von einer Feder t in horizontaler Lage festgehalten. Der Anker ist an seinem vorderen Theile mit einem dünnen Stäbchen m in Verbindung, welches in einen kleinen messingenen Hammer M, der mit einer Spitze versehen ist, endigt. Diese Spitze kann mittelst einer Schraube gehoben oder gesenkt werden, um die Entfernung zu reguliren. Eine etwas gekrümmte Feder R stützt sich mit dem einen Ende auf den Anker C, während das andere Ende mit einem Messingstücke T in Verbindung steht, welches von dem metallischen Stücke F durch eine dicke Platte gehärteter Guttapercha getrennt ist. Das Metallstück F ist in Verbindung mit dem Leitungsdrahte. Der electrische Strom gelangt mittelst des Drahtes a zu diesem Metallstücke und geht von hier, da er dem Widerstande der Guttapercha begegnet, seitwärts zu dem Anker C. Von dem Anker C geht er in die Feder R, von R zu dem Metallstücke T, von T zu dem Drahte d, welcher das eine Ende der Spule des Electromagneten ist, durchlauft diese Spule und geht durch den Draht h heraus, welcher das andere Ende der Drahtspule vorstellt. Wenn der electrische Strom die Drahtspule durchströmt, wird der Cylinder U magnetisch und zieht den Anker C an. Sobald der Anker angezogen wird, wird der Contact desselben mit der Feder R aufgehoben, der Strom wird unterbrochen, U hört auf ein Magnet zu sein, der Anker C kehrt in seine horizontale Lage zurück und der Contact mit der Feder R ist von neuem hergestellt. Sobald dieser Contact hergestellt ist, d. h. sobald Alles in die ursprüngliche Lage zurückkehrt, wiederholt sich die vorhin angegebene Bewegung und es wird somit, solange die Wirkung des electrischen Stromes dauert, der Anker wechselweise angezogen und abgestossen. Diese Oscillationen werden durch die Feder t erleichtert und dieselben ertheilen dem Hammer M mittelst des Stäbchens m Bewegungen mit rasch sich wiederholenden Unterbrechungen, Bewegungen, welche bewirken, dass die Spitze des Hammers auf das Papier des sich drehenden Cylinders schlägt.

Digitized by Google

In den 4 Electromagneten, welche den 4 Sectoren δ (Fig. 4 Tafel XX) entsprechen, sind alle metallischen Stücke F (Figur 6) mittelst der verticalen Kupferdrähte f (Figur 5) in Verbindung mit einem Messingstücke i, an welchem der zu dem entsprechenden Sector δ (Fig. 4) gehörende Leitungsdraht angeschraubt ist. Sämmtliche Enden h (Fig. 6) sind mit Kupferdrähten unter dem Brett TT (Fig. 5) vereinigt und stehen mittelst der Messingsäulen D unter der Bodenplatte PP mit einem Metallstücke n in Verbindung, welches seinerseits mit einem der Pole der Batterie, z. B. dem negativen, communicirt. Wenn wir das Gesagte noch einmal zusammenfassen, so ist der Weg, den der electrische Strom behufs Registrirung der Windesrichtung zurückzulegen hat, folgender: Einer der Pole der Batterie, z. B. der positive, steht mittelst eines mit Guttapercha überzogenen Kupferdrahtes mit dem Sammelapparate in Verbindung. Ein Ende dieses Drahtes ist an dem positiven Pole der Batterie, das andere an dem Metallstücke t' (Figur 1) befestigt. Der Strom steigt somit durch diesen Draht hinauf und verbreitet sich in dem Sammelapparate. Setzen wir nun voraus, es wehe ein Nordwestwind oder die Berührungsstellen der Federn y und y' (Figur 4) befinden sich auf den beiden Sectoren δ, welche der Nord- und der Westrichtung entsprechen. Der Strom steigt durch die beiden Metallstücke μ dieser Sectoren und durch die an denselben befestigten Drähte herab und geht zu den zwei Metallstücken i des Registrirapparates, welche mit diesen Drähten verbunden sind, und durchlauft die Drahtspulen der beiden entsprechenden Electromagnete, deren Hämmer auf dem Papiere des Cylinders in den der Nord- und der Westrichtung entsprechenden Abtheilungen aufschlagen. Schliesslich geht der Strom mittelst der Drähte h (Fig. 6) der Electromagnete zu dem Stücke n (Figur 6), von wo derselbe zum negativen Pole gelangt. — Was die Registrirung der Windesgeschwindigkeit anbelangt, so steigt der Strom, sobald die Feder β (Figur 3) von dem Stifte h berührt wird, in dem Drahte vv' herab, durchströmt die Feder v (Figur 4), welche auf dem Ringe π schleift, geht von r (Fig. 2) mittelst des entsprechenden Leitungsdrahtes zu der Klemme v (Fig. 5), von dieser zu dem Electromagneten für die Windesgeschwindigkeit und von diesem mittelst der Klemme n' zum negativen Pole der Batterie.

Es ist einleuchtend, dass, wenn der ganze Apparat in Thätigkeit wäre, die Electromagneten für die Windesrichtung fortwährend auf

Digitized by Google

den Cylinder schlagen würden. In dem von uns gewählten Beispiele würden die beiden der Nord- und der Westrichtung entsprechenden Electromagnete so lange auf den Cylinder schlagen, als der Nordwestwind währt und würden auf dem sich drehenden Cylinder nicht einen Punkt, sondern eine Linie erzeugen. Wenn die Richtung des Windes eine andere, beispielsweise südliche würde, so würde die Spitze des der Südrichtung entsprechenden Electromagnetes schlagen. Diese fortwährende Bewegung der Electromagnete würde jedoch — abgesehen davon, dass sie wenig Nutzen bringen würde — schliesslich den Apparat zu Grunde richten und die galvanische Batterie rasch abnützen. Salleron hat es daher entsprechender gefunden, die Electromagnete alle 10 Minuten eine bestimmte Anzahl von Schlägen geben zu lassen, welche hinreichend ist, um einen deutlich erkennbaren Punct hervorzubringen. Zu diesem Zwecke steht die Klemme *n* (Figur 5), welche mit der Batterie communicirt, in leitender Verbindung mit dem Uhrwerke, während die Enden *h* der 4 Drahtspulen (Figur 6) mit einer Metallfeder *m* in Berührung sind. Unter den Rädern des Uhrwerkes befindet sich ein kleines sternförmiges, in der Figur 5 das unterste derjenigen, welche man vor dem sich drehenden Cylinder wahrnimmt. Die Zähne dieses Rädchens berühren alle 10 Minuten die Feder *m* und hiedurch wird alle 10 Minuten der Strom geschlossen und es schlägt jener Electromotor, der dem eben wehenden Winde entspricht, an den Cylinder.

Eine einfache von mir eingeführte Modification gewährt für die Registrirung der Windesrichtung noch grösseren Vortheil. Wenn man mit dem Finger den Knopf ω (Figur 5) niederdrückt, so berührt eine Feder zwei Metallstreifen, von welchen der eine mit allen Drähten *h* (Figur 6), der andere mit der Klemme *n* unterhalb des Brettes *PP* in Verbindung steht. Wenn man innerhalb der 10 Minuten die Windrichtung kennen will, so hat man nichts weiter zu thun, als mit dem Finger den Knopf ω niederzudrücken. Wenn man im Falle eines Sturmes oder rascher atmosphärischer Aenderungen den Knopf ω fortwährend niedergedrückt hält, ist es interessant, die Anzeigen der noch so rasch verlaufenden Aenderungen in der Richtung des Windes zu beobachten.

Was die Registrirung der Windesgeschwindigkeit anbelangt, so wird der betreffende Electromagnet, da er jedesmal nach 200 Umdrehungen der Hohlkugeln ein Zeichen zu geben hat, in keine Ver-

Digitized by Google

bindung mit dem Uhrwerke gebracht und daher ist eine besondere Klemme *n'* (Fig. 5) angebracht, welche mit dem Drahte *h* (Fig. 6) des Electromagneten für Windgeschwindigkeit einerseits und andererseits mit dem negativen Pole der Batterie in Verbindung steht.

Ueber das neue Minimum- und Maximum-Thermometer von Hermann und Pfister in Bern.

Von Prof. Dr. R. Wolf.

(Aus den „Schweizerischen meteor. Beobachtungen 1868".)

(Mit Tafel XIV Figur 1.)

Seit längerer Zeit wünschend, auf einer grösseren Anzahl unserer Stationen ein Minimum- und Maximum-Thermometer einzuführen, habe ich ziemlich viele Proben mit den verschiedensten der dafür im Handel vorkommenden Instrumente angestellt, aber keines gefunden, das Zuverlässigkeit und Dauerhaftigkeit mit leichter Handhabung und relativ billigem Preise zu vereinigen schien, bis in der neuesten Zeit durch Hermann und Pfister in Bern ein Metallthermometer zu diesem Zwecke construirt wurde, welches so ziemlich allen billigen Anforderungen genügen dürfte, und über das ich im Folgenden, gestützt auf längere mit demselben vorgenommene Proben, Bericht zu erstatten gedenke.

Dieses Metallthermometer, von dem die Fig. 1 (Taf. XIV) in $^1/_2$ der natürlichen Grösse eine Idee gibt, hat als Hauptbestandtheil eine am einen Ende befestigte, aus zwei zusammengelötheten Metallstreifen (Stahl und Messing) bestehende Spirale, welche sich, da das Metall von stärkerer Ausdehnung (Messing) das innere ist, bei zunehmender Temperatur öffnet, bei abnehmender schliesst, so dass das freie Ende, eine der Temperaturschwankung proportionale Bewegung erleidet, und somit in ersterem Falle den linken Zeiger nach links, im zweiten Falle den rechten Zeiger nach rechts schiebt, wodurch an der Scala die extremen Stellungen (Max. und Min.) angegeben werden, welche von dem Augenblicke an, wo beide Zeiger an das freie Ende der Spirale anlehnten, erhalten wurden. Sind dieselben abgelesen, so werden die Zeiger zur Berührung zurückgeführt, geben dann sofort gemeinsam die

Digitized by Google

der gleichzeitigen Temperatur entsprechende Ablesung, und bei Vergleichung mit dem correspondirenden Stande eines ajustirten Quecksilberthermometers die allfällige Correction derselben, welche bei merklichem Betrage mit Hülfe der, eine Drehung der gesammten Spirale bewirkenden Correctionsschrauben gehoben werden kann. — Die Idee, die Krümmungsänderung einer solchen Metallspirale zum Messen der Temperatur zu verwenden, ist nicht neu, sondern schon am Ende des vorigen Jahrhunderts durch Ahrens in Hannover und seither wieder durch Jürgensen in Kopenhagen, Holzmann in Wien etc. zur Construction von Taschenthermometern, in neuerer Zeit sogar wiederholt zur Herstellung von Registrirthermometern benutzt worden, dagegen ist meines Wissens der oben beschriebene Doppelzeiger, der in glücklichster Weise das Instrument befähigt, Extreme anzuzeigen, erst durch Hermann und Pfister erfunden, und in Folge längerer Proben, bei denen ich zum Theil selbst mitwirkte, die Technik der Herstellung des ganzen Apparates nach und nach so vervollkommnet worden, dass ihn diese beide Herren mit Recht als ihre Schöpfung betrachten und dafür den Dank der Meteorologen beanspruchen dürfen.

Die Proben, welche nach meinem Auftrage mein Assistent Herr Meyer, während mehrerer Monate, mit dem Hermann-Pfister'schen Metallthermometer machte, bestanden zunächst darin, dass er jeden Abend um 9 Uhr, wo er ohnehin die gewohnte Terminbeobachtung ausführte, welche ihm unter Anderm die Lufttemperatur t gab, auch die beiden Zeiger zur Berührung zurückführte, und so die entsprechende Angabe m des Metallthermometers erhielt. Aus den 70 zwischen 19. October 1867 und 2. Jänner 1868 erhaltenen in die Tafel[1]) eingetragenen correspondirenden Werthen von t und m bildete ich mir nun die Normalvergleichungen:

$t =$ 9.31 6.79 4.33 2.40 —0.02 —1.85 —4.17 —5.75 —11.22

$m =$ 9.53 6.82 4.33 2.68 0.37 —1.55 3.85 —4.86 — 9.82

leitete daraus die zu ihnen möglichst passende Reductionsformel:

$$m' = -0.45 + 1.05\, m$$

ab, trug die nach ihr berechneten Werthe von m' ebenfalls in die Tafel ein, und zog die Differenzen $t—m'$, wodurch ich fand, dass der mittlere Werth dieser Differenz zwischen

---

1) Wir unterdrücken der Raumersparniss wegen diese Tafel. A. d. R.

Digitized by Google

19. October 1867 bis 22. November 1867 — 0.02
23. November 1868 bis 2. Jänner 1868 0.02

betrug, somit die Reductionsformel ganz gut zu der ganzen Beobachtungsreihe passe. Bei Fortsetzung der Beobachtungsreihe vom 3. Jänner bis 29. Februar 1868[1]), und Reduction nach derselben Formel, erhielt ich sodann als mittlere Werthe für besagte Differenz

vom 3. bis 31. Jänner 1868 0.20
vom 1. bis 29. Februar 1868 0.03

und glaubte daraus schliessen zu dürfen, dass diese Differenz und damit auch die Reductionsformel, während vielen Monaten sehr angenähert, dieselbe bleibe, während sie bei einem entsprechenden Apparate mit einer Stahl-Zinkspirale, der allerdings stärkere Ausschläge gab, bei analoger Behandlung und für dieselben Zeitintervalle die Werthe 0.08 — 0.11 — 1.13 — 2.44 durchlief, also ziemlich stark veränderlich war. — Allerdings kamen auch bei der Stahl-Messing-Spirale einige vereinzelte Differenzen vor, die man kleiner wünschen würde; denn unter den 128 Vergleichungen ergaben zwar 104 Differenzen, die höchstens $^1/_2{}^0$ erreichten — aber 21 stiegen auf 0.6 bis 1.0^0 und 3 sogar über 1^0. Man darf jedoch zu gerechter Beurtheilung nicht vergessen, dass nicht nur unter so vielen Vergleichungen muthmasslich auch einige fehlerhafte vorkommen werden, und diese sich ebensogut unter dem t als unter dem m finden können[2]) — sondern dass zudem mehrere der grössten Differenzen auf sehr kalte Zeiten fallen, wo jeder Thermometer in Folge Beschlagens etc. zuweilen unrichtig zeigen wird, — dass ferner jeder Thermometer eine gewisse, mit ihm wechselnde Zeit braucht, um einer Temperaturveränderung zu folgen, und dass, wenn diese bei einem Metallthermometer beschriebene Construction erheblich grösser, als bei einem Quecksilberthermometer sein sollte, diess auf die Angaben der Temperatur-Extreme, für welche er zunächst bestimmt ist, wesentlich kleinern Einfluss ausüben wird als auf solche correspondirende Ablesungen.

---

1) Im Ganzen 58 Beobachtungen, die von Herrn Prof. Wolf detaillirt angeführt werden. A. d. R.

2) So ist es z. B. nicht unwahrscheinlich, dass die weitaus grösste Differenz $t-m' = 2.4^0$ Folge einer unrichtigen Ablesung am Quecksilberthermometer ist; denn die aus der Stahl-Zink-Spirale erhaltene Temperatur stimmt bis auf 0.4^0 mit der aus der Stahl-Messing-Spirale gefundenen überein. Ferner ist es bemerkenswerth, dass an demselben Tage und an den Tagen vor und nachher, denen die nachgrössten Differenzen entsprechen, aussergewöhnlich starker Nebel war.

Digitized by Google

Würden über andere, zur Bestimmung der Temperatur-Extreme gebrauchte Instrumente älterer und neuerer Construction entsprechende Controlreihen vorliegen, so würden sich zweifelsohne häufig noch grössere Fehler erzeigen, — ganz abgesehen von dem nicht unwichtigen Umstande, dass die meisten von ihnen sehr leicht invalid werden, was bei dem Hermann-Pfister'schen Instrumente gar nicht zu befürchten ist. Es darf daher dieses Letztere, mit dem übrigens in der nächsten Zeit noch weitere Proben vorgenommen werden sollen, schon jetzt zur Anwendung empfohlen, und seine allmälige Verbreitung auf einer Reihe von Stationen unseres Netzes in Aussicht genommen werden.

Das Tiefen-Thermometer von Henry Johnson.

(Nach dem Report of the British Association for 1861.)

(Hiezu Taf. XIV Figg. 2 und 3.)

Eine grosse Aehnlichkeit mit dem Maximum- und Minimum-Thermometer von Hermann und Pfister hat das Tiefen- (See-) Thermometer, welches von Henry Johnson in London erdacht und von Glaisher in dem Report of the British Association for 1861 [1]) beschrieben ist.

Bei mehreren Versuchen, welche Glaisher im Jahre 1844 über die Temperatur der Themse zu verschiedenen Zeiten des Jahres anstellte, fand derselbe, dass die Temperatur-Angaben durch den Druck des Wassers auf die Gefässe der verwendeten Thermometer — und zwar selbst schon bei einer Tiefe von nur 25 Fuss — wesentlich afficirt wurden. Dieser Umstand zeigte die Nothwendigkeit eines solchen Thermometers für grössere Tiefen, dessen Angaben durch den Druck des Wassers nicht geändert würden und führte zu der Construction des im Nachfolgenden beschriebenen Instrumentes.

Die Angaben dieses Thermometers werden bewirkt durch die seitliche Bewegung von Compensationsstäben, welche aus dünnen zusammengenieteten Stäben von zweierlei Metall bestehen und mit den Aenderungen der Temperatur in ungleichem Verhältniss sich ausdehnen oder zusammenziehen. An dem einen Ende einer schmalen etwa 1 Fuss langen Platte (*a*) sind drei Temperatur-Scalen (*h*) befestigt, welche von 25° bis 100° Fahrenheit getheilt sind.

1) Transactions of the sections. S. 58—59.

Digitized by Google

Auf einer dieser Scalen (wie dies in der Fig. 2 Taf. XIV im vergrösserten Maassstabe zu sehen ist) wird die in einem bestimmten Zeitpuncte stattfindende Temperatur durch die Spitze einer Nadel (oder Index *E*) angezeigt, welche sich um einen Zapfen in ihrer Mitte bewegt und an den andern Scalen werden registrirende Indices (*g*, *f*) durch einen Stift an der Nadel (*e*) zu den der höchsten und tiefsten Temperatur entsprechenden Scalentheilen hingeschoben, woselbst sie durch starke Reibung festgehalten werden.

An der Nadel sind in gleichen Entfernungen vom Mittelpuncte mittelst der Verbindungsstücke (*d d*) die freien Enden von zwei Compensationsstäben (*b b*) befestigt, während die andern Enden derselben mittelst der Platte (*c*) an der früher erwähnten Platte (*a*) fixirt sind.

Die Bewegung der Nadel wird durch die seitliche Bewegung dieser Stäbe in Folge der Temperaturänderung hervorgebracht. Um Störungen zu vermeiden, die aus seitlichen Stössen oder Erderschütterungen hervorgehen könnten, werden zwei Stäbe statt eines einzigen verwendet.

Die Compensationsstäbe sind aus Messing und Stahl zusammengesetzt in dem Verhältnisse von $^2/_3$ Messing (welches das Metall ist, dem die stärkere Ausdehnung zukommt) und $^1/_3$ Stahl. Die seitliche Bewegung derselben ist gross genug, dass die Temperatur-Scalen bequem abzulesen sind, und die Kraft derselben ist genügend, um die starke Reibung der Indices zu überwinden. Da das specifische Gewicht des Messings 8.39, jenes des Stahles 7.81 ist, so ist es klar, dass der Druck des Wassers keine Wirkung auf die bewegende Kraft der Stäbe oder auf die Temperatur-Angaben des Instrumentes ausüben kann, da das Wasser unter einem hydraulischen Drucke, welcher einer Tiefe von 6000 Faden entspricht, eine Dichte von nur 1.06 erreicht. Die Compensationsstäbe sind stark verzinnt zum Schutze gegen das Meerwasser und die Zapfen, mittelst welcher sich die Nadel und die Zeiger bewegen, sind stark vergoldet.

Das Instrument ist von Glaisher an dem Aufstellungsorte der gewöhnlichen Thermometer angebracht und täglich während 6 Monaten mit den meteorologischen Normal-Instrumenten zugleich abgelesen worden. Während dieser Zeit waren seine Ablesungen in naher Uebereinstimmung mit jenen der besten Instrumente.

Das Gehäuse des Apparates ist nach den Angaben von Admiral Fitzroy verbessert worden und bietet nun dem Wasser eine glatte

Digitized by Google

cylindrische Oberfläche mit abgerundeten Enden ohne irgend welche hervorspringende daran befestigte Stücke dar.

Das Princip, auf welchem dieses Thermometer beruht, ist nicht durchaus neu; allein die Verwendung der doppelten Stäbe, welche wirklich die Bewegung der Zeiger durch irgend eine Erschütterung verhindert und die Anwendung davon sind gewiss neu.

Ueber ein ähnliches Instrument schreibt Professor Trail in der Library of Useful Knowledge (Bibliothek zur Verbreitung nützlicher Kenntnisse): „Im Jahre 1803 veröffentlichte Mr. James Crighton aus Glasgow die Beschreibung eines „Metallthermometers", in welchem die ungleiche Ausdehnung von Zink und Eisen die bewegende Kraft ist. Ein Stab (Fig. 3 Taf. XIV) wird gebildet durch die Verbindung einer 8 Zoll langen, 1 Zoll breiten und $^1/_4$ Zoll dicken Zinkplatte (*cd*) mit einer Eisenplatte (*ab*) von derselben Länge. Das untere Ende des zusammengesetzten Stabes ist an einem Mahagony-Brette (bei *ee*) gut befestigt, ein Stift (*f*), der sich an dem obern Ende des Stabes befindet, spielt in der Gabel-Oeffnung des kurzen Armes des Zeigers (*g*). Wenn die Temperatur steigt, so biegt die stärkere Ausdehnung des Zinkes (*cd*) den ganzen Stab, wie dies in der Figur zu ersehen ist und der Zeiger (*g*) bewegt sich an dem in Grade eingetheilten Bogen, von der Rechten gegen die Linke, der Temperatur proportional. Um das Thermometer in ein registrirendes umzugestalten, befestigte Crighton zwei dünne Zeiger („hands" *hh*) an der Axe des Index; diese Zeiger liegen unter dem Index und werden mittelst eines Knopfes (*i*) nach entgegengesetzten Richtungen bewegt — eine Einrichtung, die allem Anscheine nach von dem Instrumente Fitzgerald's, einem complicirten Metallthermometer, welches Prof. Trail zuvor beschrieben hat, entlehnt ist[1]).

1) Negretti und Zambra, A Treatise on Meteorological Instruments. London 1864.

Digitized by Google

Ueber die Reduction von Gewichtssätzen.

(Die Abhandlung des Herrn Dr. K. L. Bauer betreffend.)

Von

Dr. Richard Rühlmann,

Privatdocent für Physik am Polytechnikum in Carlsruhe.

Ein Aufsatz des Herrn Dr. K. L. Bauer: Ueber die Reduction feiner Gewichtssätze etc., im diesjährigen Maiheft von Poggendorff's Annalen pag. 103—120, nöthigt mich zu einigen Bemerkungen. Jener Artikel ist nach einigen Auslassungen und geringen Aenderungen der wörtliche Abdruck eines schon früher in Carl's Repertorium für Experimental-Physik Bd. IV pag. 323—341 erschienenen Artikels. Beide Veröffentlichungen aber sollen zum Theil Entgegnungen auf eine von mir in Carl's Repertorium Bd. IV pag. 177—182 publicirte Notiz sein, betitelt: Ueber die Untersuchung feiner Gewichtssätze.

Ich hätte wahrscheinlich ganz davon abgesehen, Dr. Bauer's Angriffe zu beantworten, wenn dieselben einzig in Carl's Repertorium erschienen wären. Einestheils schien mir die ganze Angelegenheit zu einfach und unwichtig, um sie für geeignet zu halten, ihr lange Auseinandersetzungen zu widmen, und anderntheils schienen mir beide Publicationen mehr für Solche bestimmt, welche sich mit praktisch-physikalischen Arbeiten beschäftigen, und von denen hoffte ich, dass sich Jeder, nach Kenntnissnahme beider Artikel, auf Grund eigner Erfahrungen ein Urtheil gebildet haben würde.

Ich wollte aber auch deshalb schweigen, weil es nicht in meiner Absicht liegen kann, meinem Gegner in die von ihm in jenem Artikel eingeschlagene Art der Polemik zu folgen.

Durch den theilweisen Abdruck seiner Arbeit in Poggendorff's Annalen, in welcher Zeitschrift ich meine Notiz nicht hatte erscheinen lassen, ist die Angelegenheit einseitig vor das Forum des grösseren wissenschaftlichen Publikums gezogen worden und ich halte es daher für nöthig, rein sachlich wenigstens auf diejenigen Puncte einzugehen,

Digitized by Google

auf welche Herr Dr. Bauer seine Angriffe gegen mich zu stützen sucht.

Wenn ich auf Verschiedenes nicht eingehe, so geschieht dies deshalb, weil eine Polemik dann besonders unerquicklich ist, wenn der zu Grunde liegende Gegenstand nicht auf besonderes Interesse Anspruch machen kann.

Hat man einen Satz von n Gewichten, dessen Stücke die Grössen $x_1, x_2, x_3 \ldots x_i \ldots x_n$ darstellen sollen, statt dessen aber die Grössen $X_1, X_2, \ldots\ldots$, allgemein X_i besitzen, so wird

$$X_i = x_i + \xi_i$$

sein, wenn ξ_i den wahren Fehler des Gewichtes X_i bezeichnet.

Macht man irgend eine Wägung mit diesem Satze, so findet sich das Gewicht G eines Körpers gleich einer Anzahl der Gewichtsstücke X_i

$$G = \Sigma X_i.$$

Wird vorausgesetzt, dass die X_i den x_i gleich wären, so wird bei der Bestimmung von G ein Fehler f begangen, dessen Grösse:

$$f = \Sigma \xi_i.$$

Solange die Grössen ξ_i nicht bekannt sind, kann über die Grössen des begangenen Fehlers f Nichts geurtheilt werden.

Der bei der Bestimmung von Gewichtsverhältnissen entstehende Fehler lässt sich auch ohne Kenntniss der absoluten Fehler ξ_i ermitteln, wenn die Verhältnisse gefunden worden sind, in welchen die Grössen X_i zu einander stehen.

Durch Wägungen bildet man zwischen den n Stücken eines vollständigen Gewichtssatzes $n-1$ unabhängige Relationen. Diese Relationen lassen sich schliesslich in der Form darstellen:

$$X_i = C_i \,.\, X_\alpha \quad X_k = C_k \,.\, X_\alpha$$

worin C_i und C_k bekannte Zahlwerthe bedeuten.

Sind diese Relationen gegeben und einer der Werthe ξ_i, so sind dadurch alle übrigen ξ_i bestimmt.

Ist aber keines der ξ_i gegeben, so ist man im Stande, statt derselben Werthe ξ_i' zu entwickeln, wenn man über eines der ξ_i irgend eine Annahme macht, und diese ξ_i' sind dann die auf dieser Annahme beruhenden scheinbaren Abweichungen.

Die Grösse der ξ_i' hängt ganz ab von der Natur der Annahme, da man immer setzen kann:

Digitized by Google

$$\xi_i' = \xi_i + \delta$$

wobei man für δ jeden beliebigen Werth annehmen kann.

Hat man z. B.:

$$X_i = C_i \,.\, X_\alpha$$
$$X_k = C_k \,.\, X_\alpha$$

so ist:

$$X_k = \frac{C_k}{C_i} X_i$$

und

$$\xi_k = \frac{C_k}{C_i} \,.\, x_i - x_k + \frac{C_k}{C_i} \xi_i.$$

Wird hierin statt ξ_i nun irgend ein Werth ξ_i' eingesetzt, so erhält man für ξ_k einen Werth ξ_k'

$$\xi_k' = \frac{C_k}{C_i} x_i - x_k + \frac{C_k}{C_i} \xi_i + \frac{C_k}{C_i} \delta.$$

Die Differenz der scheinbaren und wirklichen Abweichung ist:

$$\xi_k' - \xi_k = \frac{C_k}{C_i} \,.\, \delta.$$

Für gewöhnlich setzt man bei solchen Reductionen

$$\xi_k' = 0 \text{ d. h. } \delta = \xi_k.$$

Soll also $\xi_k' - \xi_k$ möglichst klein werden, so muss man, da C_k eine Constante ist, für $\frac{\xi_i}{C_i}$ den wahrscheinlichst kleinsten Werth wählen. Die Grösse $\frac{\xi_i}{C_i}$, d. h. der Fehler des Gewichtes dividirt durch seine Grösse, welche man den relativen Fehler nennen kann, ist, da sich auf einer guten Wage grosse und kleine Gewichte bekanntlich mit nahe derselben Genauigkeit bestimmen lassen, im Allgemeinen für die grössten Gewichte am kleinsten. Auf den Fall der Wahl einer Einheit für die Reduction angewendet heisst das, wenn kein besonderer Grund vorhanden ist, einzelne Gewichte für richtiger als andere zu halten, wählt man das grösste derselben, oder ihre Summe als Ausgangspunkt[1]).

Es kann sich hiernach Jeder selbst ein Urtheil bilden, ob mein Ausspruch, die Annahme des Herrn Dr. Bauer, für das 1 Grammstück $\xi_i = 0$ zu setzen, sei eine „wenig geeignete" gewesen, ein „unüber-

1) Bei dem Karlsruher Gewichtssatz waren das 500 Gramm und 200 Grammstück mit sichtbaren Spuren des Gebrauches behaftet, weshalb ich keines derselben als Ausgangspunkt wählte.

Digitized by Google

legter und ungerechtfertigter Tadel" (Carl's Rep. pag. 340, Poggendorff's Ann. pag. 120) zu nennen ist.

Für den Karlsruher Gewichtssatz ist keine Vergleichung mit einem Normalgewicht bekannt; die Angabe (Carl's Rep. pag. 335, Poggendorff's Ann. pag. 116), dass f die Grösse 0.03 % wahrscheinlich nicht übersteigen werde, daher vollkommen unberechtigt.

Wird ein Gewichtsverhältniss bestimmt und bedient man sich der unreducirten Werthe der Gewichte, so rührt der entstehende Fehler davon her, dass man bei zwei Wägungen Σx_m und Σx_n für ΣX_m und ΣX_n setzt. Der Fehler ist alsdann:

$$F = \frac{\Sigma x_m + \Sigma \xi_m}{\Sigma x_n + \Sigma \xi_n} - \frac{\Sigma x_m}{\Sigma x_n}$$

oder:

$$F = \frac{\Sigma x_m}{\Sigma x_n} \left\{ \frac{1 + \frac{\Sigma \xi_m}{\Sigma x_m}}{1 + \frac{\Sigma \xi_n}{\Sigma x_n}} - 1 \right\}$$

und angenähert, wenn $\frac{\Sigma \xi_m}{\Sigma x_m}$ und $\frac{\Sigma \xi_n}{\Sigma x_n}$ so kleine Werthe haben, dass höhere Potenzen derselben vernachlässigt werden können:

$$F = \frac{\Sigma x_m}{\Sigma x_n} \left\{ \frac{\Sigma \xi_m}{\Sigma x_m} - \frac{\Sigma \xi_n}{\Sigma x_n} \right\}$$

Da es aber bei Gewichtssätzen für physikalische und chemische Zwecke vorzugsweise darauf ankommt, Gewichtsverhältnisse zu bestimmen, so ist der hierbei auftretende Fehler auch besonders massgebend bei Beurtheilung eines Gewichtssatzes. Man wird einen Gewichtssatz für gut erklären, wenn die Stücke X_i und X_k immer thunlichst in den Verhältnissen stehen, in welchen sich die Grössen x_i und x_m befinden, d. h. in dem Verhältnisse ihrer Aufschriften.

Man erkennt, dass der Fehler bei der Bestimmung von Gewichtsverhältnissen abhängt von der Differenz der relativen Fehler (der wirklichen oder scheinbaren) und nicht von deren Grösse.

Zu jedem Gewichtssatze gehören aber nicht nur die Gewichtsstücke bis abwärts zum Gramme, auf welche sich Dr. Bauer bei seinen Untersuchungen allein beschränkt (Carl's Rep. p. 325; Poggendorff's Ann. p. 105), sondern wenn derselbe brauchbar sein soll, bis mindestens zum Centigrammschieber; deshalb sind auch die Angaben über die Grenzen der relativen Fehler in jener Abhandlung nicht richtig.

Digitized by Google

Hätte Herr Dr. Bauer bei seiner Reduction des Gewichtssatzes und bei seinen Untersuchungen nicht die im Allgemeinen unzulässige Annahme gemacht, dass der Centigrammschieber zu der gewählten Einheit in vollkommen richtigem Verhältnisse stünde, so würde für ihn „die sich am natürlichsten darbietende Art" der Reduction (Carl's Rep. p. 323; Poggend. Ann. p. 103) nicht die gewesen sein, das Gramm als Ausgang zu wählen, sondern er hätte, wie dies thatsächlich bei Berechnung der Relationen auch geschieht, alle Zahlwerthe auf den Reiter als Einheit beziehen müssen.

Dabei werden aber im Allgemeinen die auf den Reiter bezogenen Grössen der scheinbaren Abweichungen ξ_i' so gross, dass man höhere Potenzen als die ersten von Grössen von der Ordnung der relativen Abweichungen noch nicht vernachlässigen darf.

Dadurch wird das von Dr. Bauer gegebene Umrechnungsverfahren, der auf eine Einheit bezogenen Angaben auf eine andere Einheit (Carl's Rep. pag. 331, Pogg. Ann. pag. 111), ohne vorherige Untersuchung des dabei zu begehenden Fehlers, unbrauchbar.

Bezeichnen unter Beibehaltung der von uns gewählten Benennungen ξ_i' und ξ_i'' die auf zwei Annahmen

$$\xi_i' = \xi_i + \delta' \text{ und } \xi_i'' = \xi_i + \delta''$$

beruhenden scheinbaren Abweichungen desselben Gewichtsstückes X_i, und

$$X_k' = x_k + \xi_k' \text{ und } X_k'' = x_k + \xi_k''$$

zwei auf diesen Annahmen beruhenden scheinbaren Grössen eines anderen Stückes X_k; so setzt Dr. Bauer:

$$\frac{X_k'}{X_k''} = \frac{1}{1+\varepsilon}$$

und da

$$\frac{x_i + \xi_i'}{x_i + \xi_i''} = \frac{X_k'}{X_k''}$$

ist, angenähert:

$$x_i + \xi_i' = (1-\varepsilon) \cdot x_i + \xi_i''$$

Der hiebei begangene Fehler φ ist:

$$\varphi = \frac{1}{1+\varepsilon} \cdot (x_i + \xi_i'') - (1-\varepsilon) x_i - \xi_i''$$

$$\varphi = \frac{\varepsilon}{1+\varepsilon} \cdot \{\varepsilon x_i - \xi_i''\}$$

Digitized by Google

Beiläufig bemerkt, ist also φ jedesmal Null, wenn:

$$\varepsilon = \frac{\xi_i''}{x_i}$$

d. h. wenn die Gewichte, welche behandelt werden, in dem Verhältniss stehen, welches ihnen aufgeschrieben ist.

Finden bedeutendere Unterschiede zwischen ε und $\frac{\xi_i''}{x_i}$ statt und ist ε nicht zu klein, so kann φ Werthe erreichen, die nicht zulässig sind.

Setzt man z. B. $x_i = 500$, $\xi_i'' = 2$, $\varepsilon = 0.005$, Verhältnisse, die angenähert bei dem behandelten Gewichtssatze vorkommen, wenn man das Reitergewicht als Ausgang (für X_k) wählt, so ist φ ungefähr: 0.0025, während $\varphi < 0.00005$ sein sollte.

Ich erspare es mir, auf die Einwendungen des Herrn Dr. Bauer gegen das von mir für genaue Gewichtsbestimmungen vorgeschlagene Wägungsverfahren einzugehen, da dieselben die Benützung der Schwingungsmethode an der Wage überhaupt treffen würden und über diese die Praxis genügend entschieden hat.

Digitized by Google

Kleinere Mittheilungen.

Apparat zur objectiven Darstellung der Ausdehnung fester Körper durch die Wärme.

Mitgetheilt durch Dr. H. Schellen aus Köln.

(Hiezu Tafel XVII Fig. 1—8.)

In Poggendorff's Annalen Bd. 135 S. 672 theilt Herr Professor Dr. J. Müller einen neuen Apparat zur Messung der thermischen Ausdehnung fester Körper mit, bei welchem die bekannte Methode der Lichtreflexion an einem sich drehenden Spiegel dazu benützt wird, um die dem Auge kaum sichtbare Ausdehnung, welche ein fester Körper von nicht bedeutender Dimension bei der Erhöhung seiner Temperatur erleidet, stark vergrössert darzustellen, und dieselbe in dieser Vergrösserung entweder mittelst eines Fernrohres direct, oder durch objective Darstellung (Projection) des Lichtbildes auf einem Schirm zu beobachten.

Das physikalische Kabinet der hiesigen Realschule besitzt schon seit mehreren Jahren zu demselben Zwecke einen gleichen, aber in sehr viel kleineren Dimensionen ausgeführten Apparat von J. Tyndall, welchen derselbe in seinem von Helmholtz und Wiedemann übersetzten Werke „Die Wärme, betrachtet als eine Art der Bewegung" (S. 109) beschrieben und in seiner kleineren Schrift „On Heat and Cold" skizzenhaft abgebildet hat. Tyndall hatte den Apparat in der Absicht construirt, um damit die Formveränderungen zu studiren, welche der Eisenschenkel eines Electromagnets erleidet, wenn er unter dem Einflusse eines galvanischen Stromes magnetisch wird. Da einige wesentliche Theile des Apparates von Stahl sind, so musste der eiserne Magnetschenkel noch durch ein verbindendes messingenes Mittelstück mit dem Reflexapparat in Verbindung gesetzt werden; auf diese Details gehen wir nicht näher ein; wir erwähnen ihrer nur, um zu zeigen, dass der Apparat nicht ausschliesslich für die Demonstration der thermischen Ausdehnung verwendbar ist, sondern auch manche andere Erscheinungen,

Digitized by Google

welche kaum wahrnehmbare Temperaturveränderungen eines Körpers zur Folge haben, z. B. die Wärmebindung bei der Auflösung von Salzen, das Freiwerden der Wärme beim Erstarren, oder auch solche, welche auf das Hebelsystem durch mechanischen Druck oder Zug einwirken können, z. B. gewisse oscillirende Bewegungen einem zahlreichen Kreise von Zuhörern objectiv darzustellen geeignet ist.

Figur 1 zeigt die Einrichtung des Reflex-Apparates in natürlicher Grösse. Ein inwendig polirter Messing-Cylinder *k* ist mit dem Achsenlager *o* fest verbunden, und in demselben ist der ebenfalls polirte an beiden Enden stumpf zugespitzte Stahlstempel *l* in geringen Gränzen leicht verschiebbar. Letzterer wirkt auf eine Achatplatte, mit welcher der untere Theil der drehbaren Stahlplatte *a* belegt ist, und zwar an einer Stelle, welche nur sehr wenig ausserhalb der Drehungsachse liegt. Diese Stahlplatte ist durch das gebogene Messingstäbchen *bc* hebelartig verlängert, und es wird, da die Hebelübersetzung ungefähr wie 1 : 20 ist, schon hiedurch die Bewegung des Stempels *l* auf die Achatplatte und den Endpunct *c* des Hebels bedeutend vergrössert übertragen.

Der Punkt *c* ist durch eine unter der Rotationsachse *g* des Spiegels *i* weggehende, gebogene stählerne Feder *d* mit dieser Achse bei *e* fest verbunden; die Achse *g* des Spiegels liegt in stählernen Lagern; jede Bewegung des Punktes *c* wird daher, da ein todter Punct nicht vorhanden ist, sofort auf diese Achse übertragen und zur Drehung des Spiegels *i* verwandt. Eine zweite stählerne Spiralfeder *f*, die einerseits an dem die Spiegelachse tragenden Rahmen *h*, andererseits ebenfalls auf dieser Achse *g* befestigt ist, reagirt gegen die Drehung des Spiegels und erhält ihn, wenn der Hebel *abc* frei ist, stets in einer und derselben Ruhelage.

Wird der Stempel *l* gegen den Hebel *abc* angedrückt, so dreht sich der Spiegel *i* nach der einen Richtung; hört der Druck auf, so reagirt die Feder *f* und dreht ihn in der entgegengesetzten Richtung. Lässt man daher in einem dunkeln Zimmer das Licht einer intensiven Lampe, z. B. electrisches oder Drummond'sches Licht, oder, was in den meisten Fällen vollkommen ausreicht, das Licht eines Argand-Gasbrenners oder einer Petroleumlampe unter einer geeigneten Richtung auf den Spiegel fallen, während er sich in der Ruhelage befindet, so wird dasselbe reflectirt und es kann das Reflexlicht leicht auf einen Schirm oder eine gegenüberstehende Wand oder oben gegen die Decke

Digitized by Google

des Zimmers geworfen werden. Auf diese Weise entsteht ein langer, von dem Spiegel bis an die Wand reichender Zeiger von Licht, der sich in dem dunklen Saale auf der Wand als ein heller Lichtfleck zu erkennen gibt. Jede Bewegung des Spiegels *c* wird durch diesen langen Lichtzeiger vergrössert, der ausser seiner Länge noch den Vorzug hat, sich mit der doppelten Winkelgeschwindigkeit des Spiegels zu bewegen.

Um alles fremde Licht von der Wand abzuhalten, muss die Lampe nach Art der Duboscq'schen oder der Zauberlaternen in einen Blechkasten eingeschlossen werden, dessen Vorderwand mit einem Falze zum Einsetzen eines Diaphragmas versehen ist. Dass der Boden des Kastens mit Oeffnungen zum Einlassen der atmosphärischen Luft, so wie andererseits die Decke mit einem rechtwinklig umgebogenen Kamine zum Abzuge der Verbrennungsproducte versehen sein muss, versteht sich von selbst. Es ist ferner darauf zu achten, dass das Diaphragma einen regulirbaren Spalt von etwa 2 Centimeter Höhe erhalte, dass letzterer sich so nahe als möglich an der Lichtquelle befinde und gerade an diejenige Stelle geschoben werden könne, wo die Flamme ihre höchste Lichtintensität besitzt.

Soll das Bild des Spaltes als eine scharfe Lichtlinie auf der Wand erscheinen, so ist die Anwendung einer convexen Linse von geeigneter Brennweite (etwa 30—36 Centimeter) erforderlich; in den Fällen, wo man eine Gas- oder Petroleumlampe anwendet, kann man das Licht auch noch durch einen hinter der Lampe angebrachten Reflector oder eine dicht vor die Spalte zu stellende planconvexe Collectorlinse (Condensator, Demiboule) concentriren; in den meisten Fällen aber, namentlich bei Ausschluss alles fremden Lichtes, ist eine solche Verstärkung nicht nöthig.

Der Reflexapparat ist an einem starken röhrenförmig auslaufenden Messingstücke *m m m* befestigt. Wie die Fig. 2 zeigt, ist der Spiegel und sein Achsenlager sammt den beiden Federn *f* in einer Messingkapsel *r r* eingeschlossen, die nach der einen Seite offen ist und die spiegelnde Fläche *i* frei lässt, auf der entgegengesetzten Seite aber mit einem Einschnitte versehen ist, um der Bewegung des Hebels *b c* freien Spielraum zu lassen. Die beiden Schrauben *n n* dienen zur Befestigung der Kapsel *r r*. Mittelst des Röhrenstückes *m m* kann der Apparat auf einem cylindrischen Messingstabe *R R* (Fig. 2) hin und her geschoben oder gedreht und mittelst der Klemmschraube *p* leicht

Digitized by Google

in derjenigen Lage fixirt werden, welche man mit Rücksicht auf die Wandstelle, wo der Lichtindex erscheinen soll, für geeignet hält.

Es ist leicht einzusehen, dass man die Aufstellung des Apparates nach dem Zwecke, dem er dienen soll, angemessen wird einzurichten haben. Für den Nachweis, dass die festen Körper durch die Wärme ausgedehnt werden und bei abnehmender Temperatur sich wieder zusammenziehen, habe ich dem Gestelle die in Fig. 2 abgebildete Form gegeben. Auf dem Holzbrette WW stehen zwei 60 Centimeter hohe verticale Messingstücke $S\,S$, deren parallele Stellung durch die beide Stäbe verbindende Messingplatte T erhalten wird. Auf dem Holzbrette ist ein Messinglager mit einer festen Schraubenmutter befestigt, in welcher sich eine feine Schraubenspindel auf und ab bewegen lässt. Letztere dient dazu, das messingene Tischchen $s\,s$ von 8 Centimeter Durchmesser ganz sanft heben oder senken zu können. Die Metallstäbe, deren Volumenveränderung gezeigt werden soll, erhalten eine Länge von etwa 40 Centimeter; doch ist jede andere Länge, die 60 Centimeter nicht überschreitet, ebenfalls anwendbar; sehr geeignet sind natürlich Blei- oder Zinkröhren.

Bei dem Versuche wird der Metallstab x auf das Messingtischchen $s\,s$ gestellt und der Reflexapparat mittelst des Stabes $R\,R$ so hoch auf die Stangen $S\,S$ hinaufgeschoben, bis x gerade unter der Spitze des Stahlstempels l steht. Alsdann wird die Lampe nebst der Linse dem Spiegel i so gegenüber gestellt (Fig. 3), dass die durch den Spalt o des Diaphragmas austretenden Lichtstrahlen die Linse M treffen und letztere vorläufig in eine solche Stellung zu dem Spiegel gebracht, dass sich die convergirend aus der Linse austretenden Strahlen s, t, u zu einem Bilde L hinter dem Spiegel vereinigen. Die Reflexstrahlen s_1, t_1, u_1 vereinigen sich dann ebenfalls zu einem Bilde l des Spaltes, dessen genaue Einstellung auf dem Schirme oder an einer passenden Stelle der Wand man durch Drehen der Schraube, also durch Heben oder Senken des Tischchens $s\,s$ resp. der Stange x sehr leicht bewerkstelligen kann.

Der Apparat ist so empfindlich und die Bewegung des Stempels l wird durch die sich vereinigenden Wirkungen des Hebels, des Spiegels und des langen Lichtzeigers so stark vergrössert, dass ein blosses Anhauchen des Blei- oder Zinkrohres x genügt, um eine sehr bemerkbare Bewegung des Lichtfleckens l auf der Wand hervorzurufen. Eine leise Berührung des Metallrohres mit dem warmen Finger macht, dass

Digitized by Google

der Lichtzeiger l in einem sehr raschen Tempo einen Raum von 10 Fuss und mehr durchläuft; kommt man für einen Augenblick mit einer Spirituslampe an die Metallstange, so springt das Licht fast plötzlich durch eine Strecke von 30 Fuss und mehr. Bei der nachfolgenden Abkühlung zieht sich das Metall wieder zusammen und der Lichtindex geht wieder auf seine anfängliche Stelle zurück. Streicht man ein mit Spiritus oder Schwefeläther befeuchtetes Schwämmchen oberflächlich an der Stange vorbei, so erzeugt die Verdunstungskälte eine sehr schnell erfolgende Contraction und der Lichtzeiger bewegt sich im entgegengesetzten Sinne als vorhin.

Die Figur 7 zeigt im Allgemeinen den Gang der Lichtstrahlen. Dreht sich der Spiegel von i auf i_1, so erhalten die Reflexstrahlen s_1, t_1, u_1 die Richtung s_2, t_2, u_2 und der Vereinigungspunct l rückt von der zu t parallelen Wand DD ab nach l; an dieser Stelle entsteht daher das scharfe Bild des Spaltes v nach der Reflexion der Strahlen s, t, u am Spiegel i. Die Verlängerung der Reflexstrahlen s_2, t_2, u_2 erzeugt dann an der Wand ein Lichtbild l_2, welches nicht mehr eine scharf begrenzte Linie von der früheren Breite ist. Man sieht aber bald, dass es nur einer angemessenen Einstellung aller Theile, der Lampe L, der Linse M, des Spiegels i bedarf, um an der Wand DD innerhalb der Grenzen, in denen sich der Spiegel dreht, stets ein gleiches und mässig scharfes Lichtbild zu erhalten, wie es beispielsweise für die in der Figur angenommenen Lagen der genannten Theile der Fall sein würde, wenn die Wand statt in DD sich in D_1D_1 befände. Projicirt man das Lichtbild des Spaltes auf einen beweglichen Schirm, so braucht man diesen nur in der Richtung Dl_1 zu stellen, um für alle Drehungen des Spiegels sehr nahe scharfe Bilder zu erhalten.

Bei der Stellung, welche der Stempel l und der Spiegel i in der Figur 2 haben, bewegt sich der Lichtindex in einer verticalen Ebene von unten nach oben oder umgekehrt. Um auch eine Bewegung des letzteren in der horizontalen Ebene oder von links nach rechts hervorbringen zu können, ist der messingene Führungsstab RR nicht massiv, sondern ein Rohr, welches nach Belieben auf jeden der Stäbe S oder S_1 aufgesteckt, auf denselben auf- und abgeschoben und in jeder Höhe festgestellt werden kann. Das Rohr RR steht dann vertical, der Stempel l wagerecht. Auf den freien Stab S oder S_1 wird dann eine mit einer wagerechten Latte versehene Messinghülse so gesteckt und

Digitized by Google

festgeschraubt, dass der zur Volumveränderung bestimmte und auf der wagerechten Latte liegende Metallstab (x) einerseits an dem Stempel l, andererseits an eine auf der Latte angebrachte feste mit einer Schraube versehene Stütze anstösst. Durch Drehen dieser Schraube kann der Metallstab etwas vorwärts bewegt werden und diejenige Lage gegen den Stempel l erhalten, bei welcher der Lichtzeiger die gewünschte Stelle auf dem Schirm einnimmt. Der Reflexapparat ohne Stativ, in jeder Beziehung sehr fein ausgeführt, wurde von Elliott Brothers, London, zu dem Preise von 4 £ geliefert.

Apparat zur Demonstration der Zusammenziehung der Körper durch die Temperatur-Erniedrigung.

Mitgetheilt durch Dr. H. Schellen aus Köln.

Hiezu Tafel XVII Fig. 4.

Der Apparat besteht aus einem starken, 25,5 Centimeter langen, 10 Centimeter breiten und 8 Centimeter hohen Gestelle $ABCDH$ von Gusseisen und aus einer gusseisernen 1,5 Centimeter breiten und ebenso hohen Stange E, welche an der einen Seite in einer Schraubenspindel, an der andern in einem starken Ringe endigt.

Das Gestelle besteht aus der Bodenplatte AB, den Seitenbacken C und D (unten 2 Centimeter, oben $1^1/_2$ Centimeter breit) und der mittleren Strebewand H. Die Backen C und D haben oben einen rechteckigen Einschnitt, in welchen die eiserne Stange E eingelegt werden kann. Auf der Schraubenspindel dieser Stange lässt sich ein starker Schraubenkopf G mittelst eines angegossenen Hebels hin und her schrauben.

Um zu zeigen, dass sich die Körper beim Erkalten mit grosser Kraft zusammenziehen, erhitzt man zuerst die Stange E mittelst einer Spiritus- oder Gaslampe, legt sie dann in die Einschnitte der Backen D, C, schiebt einen etwa 1 Centimeter dicken, 5 Centimeter langen gusseisernen, stählernen oder messingenen Riegel F in den Ring derselben und schraubt den Schraubenkopf G so weit vor, dass der Riegel F sich fest gegen die Stütze C anlegt. Man überlässt jetzt den Apparat sich selbst oder tröpfelt einige Tropfen kaltes Wasser auf die Stange E. Nach wenigen Minuten, oft schon nach einigen Secunden, bricht der Bolzen F in Folge der Zusammenziehung der Stange E krachend mitten durch.

Digitized by Google

Der Apparat rührt, wie es scheint, von Professor Tyndall her, wenigstens findet er sich in seinem Schriftchen „Heat and Cold“ angeführt; derselbe verdient wegen seiner Einfachheit und höchst überraschenden Wirkung eine allgemeine Verbreitung. Der Preis incl. 1 Dtzd. eiserner Bolzen beträgt in London (Elliott Brothers, 449 Strand) 5 Thlr. 25 Sgr.

Nachtrag zu dem Aufsatze: Ueber die Reduction feiner Gewichtssätze etc.

Von Dr. K. L. Bauer.

In der angeführten Abhandlung (dieses Repertorium, Jahrg. 1868, S. 323 etc.) habe ich in den ersten Paragraphen zwei verschiedene, zur Reduction der Gewichtssätze taugliche Methoden beschrieben, von denen man die erste als Methode der Einstellung, die zweite als Methode der Schwingungen bezeichnen könnte. Letztere ist aller Wahrscheinlichkeit nach neuern Ursprungs als die erste, aber schon vor Rühlmann, z. B. von Bunsen, mehrfach angewandt und empfohlen worden, und zwar in einer Weise, die vor dem Rühlmann'schen Verfahren entschieden den Vorzug verdient, so dass ich nicht umhin kann, dieselbe hier kurz auseinander zu setzen und — was von Bunsen nicht geschehen — exact zu begründen. (Vgl. R. Bunsen, Verfahren z. Best. d. spec. Gew. v. Dämpfen u. Gasen, u. a. in Fresenius, Zeitschr. für analyt. Chemie 1867, S. 1—18.)

Um aus mehreren aufeinanderfolgenden Ausschlägen des Zeigers dessen Ruhelage zu berechnen, geht man von der Ansicht aus, dass die Schwingungsweite, sobald sie eine hinlängliche Kleinheit erreicht hat, wegen der Widerstände von Luft und Reibung der Zeit proportional abnehme, dass sich also mehrere successive äusserste Zeigerangaben, wenn die Ruhelage bei x, bezeichnen lassen durch:

$$\begin{aligned} \text{I} &= x+A & &= x+A \\ \text{II} &= x-(A-k) & &= x-A+k \\ \text{III} &= x+(A-2k) & &= x+A-2k \\ \text{IV} &= x-(A-3k) & &= x-A+3k \\ &\cdots\cdots\cdots\cdots & & \end{aligned}$$

Will man nun aus den beobachteten Zahlen I, II, III, ... die Ruhelage x berechnen, so erscheint es am angemessensten, jede der

Digitized by Google

zwischen der ersten und letzten derselben gelegenen sowohl mit der unmittelbar vorausgehenden, als mit der unmittelbar folgenden in gleicher Weise zu verbinden und demgemäss zunächst die arithmetischen Mittel zu bilden: (I + II) : 2, (II + III) : 2, ... Hierbei macht man die Wahrnehmung, dass letztere abwechselnd den Werth $x + {}^1/_2 k$ und $x - {}^1/_2 k$ repräsentiren, bei Addition einer geraden Anzahl derselben die Grösse k demnach gänzlich verschwinden und ein bekanntes Vielfaches der zu suchenden Grösse x resultiren muss. Dies führt zu der Vorschrift:

Um die Ruhelage x zu finden, beobachte man eine ungerade Anzahl n successiver äusserster Zeigerstellungen: I, II, III, ..., nehme sodann die nächst kleinere gerade Anzahl $(n-1)$ arithmetischer Mittel: (I + II) : 2, (II + III) : 2, ..., und von diesen allen abermals das arithmetische Mittel:

$$\frac{1}{n-1}\left\{\frac{\text{I}+\text{II}}{2}+\frac{\text{II}+\text{III}}{2}+\ldots\right\} = x.$$

Obige Regel befolgte Bunsen, indem er, nachdem das Maximum der Elongation unter 6 gesunken war, mit einem Fernrohr sieben aufeinanderfolgende äusserste Lagen der Zeigerspitze beobachtete, aus diesen Zahlen, wie unten zu ersehen, die sechs betreffenden arithmetischen Mittel bildete und schliesslich von diesen allen abermals das Mittel nahm:

+ 5,9	
	+ 0,75
− 4,4	
	+ 0,45
+ 5,3	
	+ 0,70
− 3,9	
	+ 0,45
+ 4,8	
	+ 0,70
− 3,4	
	+ 0,50
+ 4,4	

$$x = \frac{3{,}55}{6} = +0{,}592.$$

Um aus zwei wenig von einander abweichenden Ruhelagen x und x' die Differenz $\triangle$ der Belastung in beiden Fällen zu erhalten, bedient man sich nach Bunsen der Gleichung:

$$\triangle = (x - x')\delta,$$

worin δ das vorher experimentell ermittelte kleine Gewicht bedeutet, welches bei der betreffenden Belastung die Ruhelage der Zeigerspitze gerade um Einen Scalentheil verschiebt.

Digitized by Google

Das in meinem citirten Aufsatze S. 325 aufgestellte System von 12 Gleichungen zwischen 13 Gewichtsstücken genügt zur Berechnung einer Reductionstabelle für jene Stücke. Falls es jedoch die Zeit gestattet, wird man wohl thun, die grösstmögliche Anzahl von Beziehungen experimentell herzustellen, welche in unserm Falle fast auf das Doppelte von 12, nämlich auf 21, sich beläuft, da für die Stücke 200, 20 und 2 je drei, und für die Stücke 100′, 10′ und 1″ je zwei Gleichungen, statt je Einer, gebildet werden können. Für das Stück 20 z. B. wären ausser der mitgetheilten Beziehung

$$20 = 10' + 10 + 0{,}0005$$

noch die zwei weiteren zu ermitteln: $20 = 10' + 5 + 2 + 1'' + 1' + 1 +$ Correct. und $20 = 10 + 5 + .. +$ Corr.; und für das Stück 10′ ausser der gegebenen $10' = 10 + 0{,}0000$ noch die zweite

$$10' = 5 + 2 + 1'' + 1' + 1 + \text{Corr.}$$

Die Ableitung der Reductionstabelle wird durch diese vermehrte Zahl von Gleichungen in nichts geändert; man hat nur die arithmetischen Mittel aller (bei genauen Wägungen jedenfalls nahezu gleichen) für das nämliche Stück sich ergebenden Werthe in die Tabelle einzutragen.

Vielleicht ist es nicht überflüssig, wenn ich bei dieser Gelegenheit noch auf etwas anderes aufmerksam mache. Die in meinem vorausgegangenen Aufsatze ausgesprochenen Theoreme bezüglich der durch den Gebrauch unreducirter Gewichtssätze auftretenden Fehler würden an unmittelbarer Klarheit noch gewinnen, wenn statt der Ausdrücke: „positiver Fehler", oder „negatives Fehlermaximum" u. dgl. Wendungen benützt würden, wie diese: „Die dem directen Resultat der Wägung beizufügende Correction erlangt ihr positives (negatives) Maximum, wenn etc." Als die bei der absoluten und bei der relativen Gewichtsermittelung überhaupt auftretenden Fehler bezeichnete ich nämlich die Ausdrücke:

$$\Sigma(a+\alpha) - \Sigma a = \Sigma\alpha, \quad \text{und}$$
$$\Sigma(a+\alpha) : \Sigma(m+\mu) - \Sigma a : \Sigma m.$$

Diess sind aber factisch nichts anderes, als die (positiven oder negativen) Correctionen, welche den unmittelbaren Wägungsresultaten Σa und $\Sigma a : \Sigma m$ hinzugefügt werden müssen, um die richtigen Zahlen $\Sigma(a+\alpha)$ und $\Sigma(a+\alpha) : \Sigma(m+\mu)$ zu erhalten.

Statt des auf S. 331 meiner citirten Abhandlung eingeführten Buchstabens e würde wegen der anderweiten Verwendung der griechischen Buchstaben besser durchgängig C gesetzt; in der Ueberschrift

Digitized by Google

zu §. 4 S. 329 sollte es statt „zwischen den Abweichungen" heissen: „zwischen den auf verschiedene Einheiten bezogenen Abweichungen"; die Worte: „oder $(z+\zeta):z = (1+\zeta):z$" gegen Ende des gesperrt gedruckten Satzes S. 335 o. werden zur Verhütung von Missverständniss am besten gestrichen.

Wiesbaden, im Juli 1869.

Anleitung zur Anstellung meteorologischer Beobachtungen und Sammlung von Hilfstafeln, mit besonderer Rücksicht auf die meteorologischen Stationen in Oesterreich und Ungarn.

Von C. Jelinek.

Wien. In Commission bei W. Braumüller.

Schon Kreil, der verdienstvolle Schöpfer des meteorologischen Beobachtungsnetzes in der österreichischen Monarchie, hat bekanntlich eine Anleitung zur Anstellung der Beobachtungen für seine Beobachter drucken lassen. Die vorliegende Schrift ist jedoch nicht etwa eine neue Auflage dieser Anleitung, sondern in der That eine vollständig neue Arbeit, die wir um so mehr mit Freuden begrüssen müssen, als die fortgesetzte Anregung zu meteorologischen Beobachtungen von der grössten Bedeutung für die weitere Entwickelung der Wissenschaft ist. Herr Jelinek hat zwar besondere Rücksicht auf die österreichischen Stationen genommen, doch ist die Arbeit von ganz allgemeinem Werthe, da sie sich durch grosse Vollständigkeit auszeichnet.

Im Eingange finden wir die Einrichtung und Ausrüstung einer österreichischem Station überhaupt angegeben, worauf dann eine ausführliche Beschreibung der einzelnen Instrumente und Beobachtungsweisen folgt. An Barometern sind das Fortin'sche und Kapeller'sche Gefässbarometer und das Heberbarometer beschrieben und mit sehr schönen Figuren erläutert; auch auf die Aneroidbarometer und die Reduction ihrer Angaben, sowie auf Schiffsbarometer ist Rücksicht genommen. Hierauf ist die Einstellung und Ablesung des Barometers, sowie die Reduction der Ablesungen erörtert. Die nächsten Betrachtungen sind dem Thermometer und hauptsächlich auch den verschiedenen Arten von Maximum und Minimum Thermometern gewidmet und die zweckmässige Anstellung von Beobachtungen der Quellen- und Boden-Temperatur besonders behandelt.

Sodann folgen das Psychrometer, Ombrometer, Anemometer (von Sternbach und von Kraft). Die weiteren Erörterungen beziehen

Digitized by Google

sich auf Bewölkung, Wolkenform und Wolkenzug, Gewitter, Lichterscheinungen der Atmosphäre und Ozonbeobachtungen. Zum Schlusse wird das Beobachtungs-Journal und die Bearbeitung der Beobachtungen besprochen.

Von hohem Werthe ist der noch beigegebene Anhang, welcher auf 100 Seiten sehr vollständige Reductionstafeln für meteorologische Beobachtungen und Rechnungen enthält, wovon wir besonders die erweiterte Psychrometer-Tafel hervorheben wollen.

Beleuchtung des Gesichtsfeldes in einem gebrochenen Fernrohre.

Von A. Repsold & Söhne.

Eine einfache und zweckmässige centrische Beleuchtung des Gesichtsfeldes in einem gebrochenen Fernrohre erreicht man, wenn in der Mitte der Hypothenusenfläche des Prisma ein kleiner Fleck (von 1 bis 1,5 Millimeter im Durchmesser bei einem Fernrohr von 30 Linien Oeffnung) matt geschliffen und das durch die Achse einfallende Lampenlicht durch eine Linse auf diesen matt geschliffenen Fleck ungefähr concentrirt wird. Man kann mit dieser Einrichtung eine bequeme Abschwächung der Beleuchtung einführen, indem man jene im Innern der Achse anzubringende Linse am Ende eines Stiftes mit Kopf befestigt, der durch die Achsenwand tritt. Entsprechend der Drehung der Linse um die Achse des Stiftes wird das Licht seitlich gebrochen und weniger auf dem matten Fleck concentrirt. Nach einer Drehung von circa 90° wird die Fassung der Linse alles Licht auffassen. (Astron. Nachr. Nr. 1771.)

Berichtigung.

In dem Columnentitel auf pag. 234, 236, 238 und 240 ist statt Metallplatten zu lesen: Krystallplatten.

Digitized by Google

Ueber die neueste Gestalt meines Polaristrobometers (Saccharimeter, Diabetometer).

Von

H. Wild.

Aus den Mélanges physiques et Chimiques de l'Académie Impériale de St. Petersbourg vom Herrn Verfasser freundlichst eingesandt.

(Hiezu Tafel XIX Fig. 1—3.)

I. Einleitung.

§ 1. Seit dem Erscheinen meiner Schrift: „Ueber ein neues Polaristrobometer (Saccharimeter, Diabetometer) und eine neue Bestimmung der Drehungsconstante des Zuckers. Bern, 1865 bei Haller" hat dieses Instrument eine stets zunehmende Verbreitung und allgemeine Anerkennung gefunden. Dasselbe ist ausser von Herrn Optiker Hofmann in Paris auch in der rühmlichst bekannten mechanischen Werkstätte des Herrn Inspector Dr. Meyerstein in Göttingen construirt worden. In chemischen und pharmaceutischen Laboratorien hat insbesondere das kleinere Handinstrument seiner Bequemlichkeit und Billigkeit halber vielfach Eingang gefunden und das grössere Instrument hat bei den im Herbst 1866 zu Köln angestellten Raffinirungsversuchen hinsichtlich seiner technischen Verwendung als Saccharimeter eine sehr eingehende und unparteiische Prüfung und Vergleichung mit den andern Polarisations-Saccharimetern erfahren.

Diese Prüfung und Vergleichung ist dargestellt in einem von Herrn Professor Dr. Landolt in Bonn abgefassten „Bericht über die chemischen Analysen, welche bei den auf Veranlassung des k. preussischen Ministeriums für Handel etc. im Herbst 1866 zu Köln ausgestellten Raffinirungsversuchen mit Rüben-Rohzucker ausgeführt worden sind" (erschienen in den Verhandlungen des Vereins für Gewerbefleiss in Preussen von G. Hickethier in Berlin 1867). Herr Landolt gelangt darin zu dem Resultat, dass die Genauigkeit bei meinem Instrumente

Digitized by Google

2 Male grösser sei als bei einem vorzüglichen Soleil-Duboscq'schen und 4 Male grösser als bei einem Soleil-Ventzke'schen Saccharimeter, ferner dass mein Instrument vor den beiden andern einen Vorzug namentlich auch noch desshalb verdiene, weil die Färbungen der Lösungen bei demselben eine viel geringere Abnahme der Genauigkeit bedingen und dasselbe frei sei von den bei jenen sich einstellenden persönlichen Fehlern.

Eine solch' gründliche und unparteiische Würdigung meines Instruments auch vom technischen Standpunkte aus musste mich ermuthigen, demselben neuerdings meine Aufmerksamkeit zuzuwenden und zu trachten, einige seine Anfertigung erschwerende Theile, worauf ich schon in meiner ersten Beschreibung hinwies, wo möglich zu verbessern, sowie das Ganze unbeschadet der Genauigkeit der Messungen für den praktischen Gebrauch bequemer zu machen.

§ 2. Wie ich unten auf S. 17 meiner Schrift: „Ueber ein neues Polaristrobometer etc." bemerkt habe, machte die richtige Anfertigung des Doppelquarzes für seine gleichzeitige Benutzung im weissen und im homogenen Lichte bedeutende Schwierigkeiten, welche durch Anwendung eines einfachen statt doppelten Quarzes bei der letztern Beleuchtung nur auf Kosten bequemer Benutzung des Instrumentes für weisses wie homogenes Licht umgangen werden konnten. Sodann waren für genauere Messungen Einstellungen auf den Neutralisationspunct in allen 4 Quadranten der Kreistheilung nothwendig, welche sowohl für die Beobachtung als für die Ableitung des Drehungswinkels Weitläufigkeiten zur Folge hatten. Endlich mussten zur Abhaltung des das vollständige Verschwinden der Interferenzfransen verhindernden Seitenlichts entweder die Röhren für Aufnahme der activen Flüssigkeiten sehr weit genommen oder dann im Innern mit Diaphragmen versehen werden, was wieder für deren Reinigung sehr unbequem war. — Diesen Uebelständen zumal wurde durch die Anbringung einer 60 Millimeter langen Blendröhre vor dem polarisirenden Nicol unter Weglassung der Linse daselbst einerseits und anderseits durch die Vertauschung des Doppelquarzes mit einer Doppelplatte von Kalkspath und durch gleichzeitige Benutzung eines stärker vergrössernden Polariscop-Fernrohrs mit Objectiv-Linse von grösserer Brennweite abgeholfen. Bei stärkerer Vergrösserung des Fernrohrs resp. grösserer Brennweite der Objectiv-Linse desselben kommen nämlich viel eher nur die parallel zur Axe desselben einfallenden Lichtstrahlen innerhalb des Gesichts-

Digitized by Google

feldes zur Wirkung und um nun in Folge dieser stärkeren Vergrösserung zur Erzielung gleich breiter Interferenzfransen nicht allzudicke Bergkrystallplatten verwenden zu müssen, war es gemäss den auf Seite 31 meiner citirten Schrift aus der Theorie des Savart'schen Polariscops gezogenen Schlüssen nothwendig, statt derselben Platten aus Kalkspath von 2—3 Millimeter Dicke zu verwenden. Die stärkere Doppelbrechung des Kalkspaths bietet aber den weitern Vortheil dar, dass die kleinen Unvollkommenheiten im Schliff des Kalkspaths die so störenden schiefen Interferenzfransen, welche bei nicht vollständig senkrechter Kreuzung der Hauptschnitte der beiden Platten im homogenen Lichte in der Nähe der Neutralisationsstellung auftreten, in der Regel von selbst beseitigen. Endlich hat die vollkommenere Benutzung bloss von parallel zur Axe laufenden Strahlen auch zur Folge, dass der wahre Neutralisationspunct durch eine Einstellung bloss in einem Quadranten der Kreistheilung gefunden werden kann.

Zur Ablesung der Stellung des Index an der Kreistheilung musste man sich beim grössern Instrumente jedesmal erheben, beim kleinern den vordern Theil desselben dem Auge zuwenden, was ein rasches Arbeiten sehr beeinträchtigte. Es wurde daher die Theilung und der Index auf die Ebene der Kreisplatte verlegt und beim kleinen Instrumente eine fixe Lupe, beim grössern ein besonderes seitliches Fernrohr so angebracht, dass man beide, Index und Theilung, unmittelbar vom Ocular des Polariscop-Fernrohrs aus beobachten kann.

Herr Professor Landolt hat mir bei Gelegenheit der erwähnten Prüfungen brieflich noch die Mittheilung gemacht, dass es für den Gebrauch meines Instrumentes in der Zuckertechnik wünschbar wäre, die Kreistheilung durch eine lineare wie beim Soleil'schen Saccharimeter zu ersetzen, die wo möglich gleich den Zuckergehalt nach Procenten angäbe. Denselben Wunsch hat auch Herr Dr. Scheibler in einer Kritik meines kleinen Saccharimeters in der „Zeitschrift des Vereines für Rübenzucker-Industrie im Zollverein Bd. XIV, S. 799“ ausgesprochen. Die Einführung einer linearen Theilung bei meinem Instrumente würde nun durchaus die Anwendung eines Quarzkeil-Compensators bei demselben involviren. In meiner citirten Schrift habe ich aber auf Seite 12 und 13 zur Genüge die mit diesem Compensator verbundenen Uebelstände erörtert und gezeigt, wie gerade ein Hauptvorzug meines Instrumentes darin bestehe, dass man eben bei demselben in Folge der directen Bestimmung der

Digitized by Google

Drehungsgrösse und der leichten Anfertigung guter Kreistheilungen keinerlei mehr oder minder umständliche und schwierige Fundamental-Untersuchungen über die Richtigkeit seiner Angaben resp. seiner Gradwerthe vorzunehmen habe, wie dies eben bei jedem Saccharimeter mit Quarzkeilcompensator zu geschehen hat. Da ich nun der Ansicht bin, dass die Schwierigkeit im Gebrauch meines Instrumentes für den Techniker nicht sowohl in der Kreistheilung an und für sich — denn die Ablesung der Stellung eines Index zwischen Strichen einer solchen ist doch genau gleich wie bei einer linearen Theilung —, als vielmehr in der Ablesung des dabei eingeführten Verniers beruhe[1]), so glaubte ich, vor dem allfälligen Aufgeben der obigen Vortheile der Kreistheilung diese versuchsweise so einrichten zu müssen, dass der Vernier entbehrlich sei. Dem zufolge wurde bei beiden Instrumenten eine feinere Kreistheilung angebracht, welche indessen nicht mehr als 100° umfasste, so dass dieser gegenüber eine zweite Theilung Platz fand, die zufolge der von mir bestimmten Drehungsconstante des Rohrzuckers für homogenes gelbes Licht unmittelbar die in 1 Liter Lösung enthaltene Gewichtsmenge Rohrzucker nach Grammen abzulesen gestattet.

Beim kleinen Instrumente erschien ferner die Einstellung mit der blossen Hand zu wenig sicher und wurde daher ähnlich wie beim grössern durch eine solche mit Zahnrad und Getriebe ersetzt.

Endlich liess ich auch dem Wunsche des Herrn Landolt zufolge die versilberten Messingröhren durch mit Messingröhren versehene dickwandige Glasröhren ersetzen und beim grössern Instrumente für die bequemere Untersuchung der intervertirten Zuckerlösung eine Röhre von 220 Millimeter Länge beifügen.

So entstanden die beiden neuen Instrumente, welche ich hiemit der Akademie vorzulegen die Ehre habe. Dieselben sind von den Herren Mechaniker Hermann & Pfister in Bern mit gewohnter Geschicklichkeit und Sorgfalt ausgeführt, womit denn auch zugleich genannte Werkstätte die Anfertigung dieser Instrumente für den Handel übernommen hat.

---

1) Dies ging übrigens auch direct aus Anfragen hervor, welche mehrere Techniker in Bezug darauf an mich richteten.

Digitized by Google

II. Beschreibung der Instrumente.

§ 3. Das grössere Instrument, in Figur 1 (Tafel XIX) in ungefähr $^1/_4$ der natürlichen Grösse perspectivisch dargestellt, besteht aus einer auf dem eisernen Dreifuss E stehenden Messingsäule F, in welcher sich eine zweite, durch die conische Schraube I festzuklemmende Messingröhre G verschieben lässt. Diese trägt am obern Ende den um eine horizontale und verticale Axe mit einiger Reibung drehbaren Support H des eigentlichen Instrumentes. Am einen Ende des letztern ist nämlich der Halter für das Polariscop A, am andern derjenige für die Kreisscheibe K befestigt. Das Polariscop besteht aus einem ungefähr 5mal vergrössernden, auf die Unendlichkeit eingestellten Fernrohre, vor dessen Objectiv von 120 Millimeter Brennweite die Doppelplatte aus Kalkspath sich befindet, während im Brennpunct des Objectivs ein Diaphragma mit andreaskreuzförmigem Fadenkreuz sich befindet. Die Doppelplatte wird von zwei 3 Millimeter dicken, unter 45° zur optischen Axe geschnittenen und mit ihren Hauptschnitten sich rechtwinklicht kreuzenden Platten aus Kalkspath gebildet. Zwischen dem ausziehbaren Oculare und der Ocularblende vor dem Auge ist das analysirende Nicol'sche Prisma eingeschoben und so orientirt, dass sein Hauptschnitt horizontal steht und mit demjenigen der Doppelplatte aus Kalkspath einen Winkel von 45° einschliesst. Damit diese beiden Normalstellungen nicht gestört werden können, ist sowohl der Ocularauszug mit einem Führungsstift versehen, als auch das ganze Polariscop durch einen solchen Stift in der Hülse L am Support, in die es eingeschoben wird, fixirt. Eine Blendscheibe M in der Nähe des Oculars soll das Seitenlicht vom Auge des Beobachters abhalten.

In einer am Kreise K befestigten Hülse N ist das polarisirende Nicol mit einer besondern Metallfassung, die sich durch zwei seitliche Schrauben fest mit jener verbinden lässt, eingeschoben und an dieser letztern Fassung ist dann noch die Blendröhre D mit Diaphragmen von 10 Millimeter Durchmesser angeschraubt. Die Kreisscheibe sammt Nicol lässt sich in ihrer Hülse vermittelst eines auf ihr befestigten Zahnrades und eines in dieses eingreifenden Getriebes drehen, welch' letzteres am einen Ende der vom Support gehaltenen Stange O sitzt und vom Beobachter vermittelst des Knopfes C bewegt wird. Der Index zur Ablesung der Stellung der Kreisscheibe ist am Träger der

Digitized by Google

letztern nach links angebracht und besitzt einen einfachen Strich. Zur Ablesung seiner Stellung dient das Fernrohr P links vom Polariscope, dessen Ocular B unmittelbar neben dem des letztern liegt, und die Beleuchtung der Theilung erfolgt durch den durchbrochenen Metallspiegel S am Objectivende dieses Ablesefernrohrs. Die Kreistheilung auf Silber geht auf der einen Seite der Scheibe von 0 bis 100° und ist bis zu $^1/_5{}^0$ fortgesetzt, so dass man vermittelst des Ablesefernrohrs $^1/_{10}{}^0$ sicher beobachten und bei geringer Uebung $^1/_{50}{}^0$ leicht schätzen kann; auf der gegenüberliegenden Hälfte der Scheibe ist eine zweite Theilung von 0 in der Mitte nach beiden Seiten bis 400 angebracht, deren einzelnen Theilen für gelbes Licht von der Brechbarkeit der Frauenhofer'schen Linie D im Sonnenspectrum oder für das gelbe Licht, das glühende Natriumdämpfe ausstrahlen, unmittelbar die durch 1 Gramm Rohrzucker in 1 Liter Lösung bewirkte Drehung der Polarisationsebene entspricht, wenn die angewandte Röhre eine Länge von 200 Millimeter hat. Man kann daher 1 Gramm direct ablesen und $\frac{1}{10}$ Gramm schätzen.

Diese Theilung wurde nach der von mir bestimmten Drehungsconstante des Rohrzuckers für gelbes Licht in folgender Weise bestimmt. Zufolge S. 37 meiner citirten Schrift ist der Drehungswinkel α:

$$\alpha = \frac{C.L}{A},$$

wo C das in 1 Liter der Lösung enthaltene Gewicht Zucker in Grammen, L die Länge der Röhre in Millimetern und endlich A die sogenannte Drehungsconstante darstellt. Nun ist zufolge S. 52 meiner Schrift diese Drehungsconstante des Rohrzuckers für gelbes Licht von der Brechbarkeit der Linie D:

$$A = 1505{,}6$$

also, wenn man $L = 200$ et $C = 400$ setzt, ergibt sich für den Winkel α, um welchen eine Zuckerlösung von 400 Gramm Zucker auf 1 Liter Lösung bei einer Röhrenlänge von 200 Millimeter die Polarisationsebene dieses gelben Lichts dreht, der Werth:

$$\alpha = 53^0{,}135.$$

Es musste also die Theilung so angefertigt werden, dass man 53°,135 in 400 gleiche Theile theilte oder einen Theil derselben gleich 0°,1328 machte.

Zwischen das Polariscop und die Kreisscheibe kommen auf besondere Lager, durch Federn gehalten, die zur Aufnahme der zu unter-

Digitized by Google

suchenden Flüssigkeit bestimmten Röhren zu liegen. Von diesen sind dem Instrumente drei beigegeben, nämlich eine solche von 220 Millimeter Länge für Untersuchung der intervertirten Lösung, ferner eine von 200 und eine dritte von 100 Millimeter Länge. Die beiden letztern sind durch Röhrenansätze aussen auf dieselbe Länge von 220 Millimeter gebracht. Die Einrichtung dieser Röhren ist im Uebrigen die gewöhnliche, indem auf die eben abgeschliffenen Ränder der in eine Messingröhre eingekitteten dickwandigen Glasröhre ebene Glasplatten durch Schraubenkappen aufgedrückt werden.

§ 4. Das kleinere oder Handinstrument, in Fig. 2 ebenfalls in $^1/_4$ der natürlichen Grösse dargestellt, unterscheidet sich von dem grössern nur durch den einfachen hölzernen Fuss in Form eines Handgriffs, durch die geringere Länge der Röhren — die eine ist nämlich 50, die andere 25 Millimeter lang —, durch die Lupe *b*, welche statt des Fernrohrs *P* beim grössern Instrument zur Ablesung dient[1]), sowie endlich dadurch, dass die Kreistheilung auf der einen Seite in $^1/_5{}^0$ bloss 50^0 umfasst und die andere unmittelbar durch ihre Theile bloss 10 Gramme Zucker in 1 Liter Lösung angibt und also 1 Gramm nur schätzen lässt.

§ 5. Beiden Instrumenten wird nach Wunsch eine kleine Spirituslampe mit Zugglas und Platindrahthalter (in Fig. 3 ebenfalls in $^1/_4$ der natürlichen Grösse dargestellt) oder eine entsprechende Gaslampe zur Erzeugung des für die meisten Messungen nothwendigen homogenen Lichts beigegeben. Eine in die Platindrahtöse eingeschmolzene Glaubersalzperle in den Rand der Flamme gebracht, gewährt stundenlang eine hinlänglich helle und homogene Beleuchtung, wobei das störende Flackern der Flamme durch das Zugglas vermieden wird.

III. Gebrauch als Saccharimeter.

§ 6. Aufstellung und Orientirung des Apparats. Da Zuckerlösungen durchweg stärkere Drehungen der Polarisationsebene bewirken, so hat man für diese Bestimmungen das homogene gelbe Licht der beigegebenen Spiritus- oder Gaslampe zu benutzen. Zu dem Ende schmilzt man vorher an die Platindrahtöse eine Perle von Glaubersalz an, was durch Eintauchen des benetzten Drahtes in gepulvertes Glauber-

1) Bei den neuesten Instrumenten dieser Art ist ebenfalls statt der Lupe ein kleines Fernrohr angebracht.

Digitized by Google

salz und nachheriges Hereinbringen in die Spitze der Flamme bis zum Schmelzen des Salzes erreicht wird. Alsdann befestigt man den Draht in seinem Ständer so, dass die Perle in den untern Theil der Flamme nahe ihrem Rande hineinragt, worauf sofort die gelbe Färbung der Flamme erfolgt und Stunden lang anhält. Das Instrument, sei es nun das grosse oder das kleine, wird darauf gegen diese Flamme hin gerichtet und es wird zur Abhaltung fremden Lichts entweder hinter der Flamme und daneben ein schwarzer Schirm aufgestellt oder geradezu der ganze Raum verdunkelt. Zugleich soll aber auch beim Hindurchsehen durch das seitliche Fernrohr *B* beim grossen Instrumente Fig. 1 oder durch die Lupe *b* beim kleinen Fig. 2 die Theilung deutlich erkennbar sein. Man muss also den Apparat so disponiren, dass das Tageslicht entweder unmittelbar auf die Theilung fällt oder beim grössern Instrument von dem durchbrochenen Metallspiegel *S* am vordern Ende des Fernrohrs von der Seite her auf die Theilung geworfen wird; im verdunkelten Zimmer stellt man zu dem Ende seitlich eine brennende Kerze auf. Durch Drehen am Knopfe *C* rechter Hand bringt man jetzt von derjenigen Theilung auf der Kreisscheibe *K* resp. *k*, welche den Nullpunct in der Mitte hat, beim grössern Instrument den Theilstrich 350 ober- oder unterhalb in's Gesichtsfeld des Fernrohrs *B*, beim kleinen Apparat den mit 800 Gramm bezeichneten Strich vor den Index in's Gesichtsfeld der Lupe und soll darauf beim Durchsehen durch das mittlere Beobachtungsrohr *A* resp. *a* ein hellgelbes Gesichtsfeld erhalten, das von horizontalen schwarzen Streifen durchzogen ist, und ausserdem das andreaskreuzförmige Fadenkreuz zeigt. Erscheint das letztere nicht ganz scharf, so zieht man das Ocular dieses Fernrohrs mehr oder weniger aus, bis dies der Fall ist; alsdann wird man auch die horizontalen Fransen am deutlichsten sehen. Dreht man nunmehr wieder am Knopfe *C* in dem Sinne, dass die Theilstriche gegen 0 hin in's Gesichtsfeld des Fernrohrs resp. der Lupe treten, so werden im Fernrohr *A* resp. *a* die horizontalen Fransen nach und nach blasser werden und endlich wird von der einen Seite ein heller Querstreif in's Gesichtsfeld eintreten und bei fortgesetzter Drehung dasselbe durchlaufen. Man hält mit Drehen inne, sowie die Mitte dieses hellen Querstreifens mit der Mitte des Fadenkreuzes zusammenfällt; dies stellt bei unserm Instrumente das Merkmal für die Einstellungen dar, wie dies beim Soleil'schen Saccharimeter die gleiche Färbung der beiden Quarzhälften thut.

Digitized by Google

§ 7. Bestimmung des Gehaltes an Zucker, wenn die Lösung ausser dem Rohrzucker keine andere active Substanz einschliesst. Nach erfolgter Orientirung legt man zuerst beim grossen Instrument die mit 200 bezeichnete, d. h. 200 Millimeter lange Röhre, beim kleinen die mit 50 bezeichnete Röhre leer auf den Apparat, wie dies aus den Figuren ersichtlich ist und stellt in der erwähnten Weise auf das Verschwinden der Fransen ein und liest durch das Fernrohr resp. die Lupe den Stand des Indexstriches an der Kreistheilung ab[1]). Ist das Instrument richtig justirt und die Einstellung gut ausgeführt, so soll der Index genau auf den Nullpunct der Kreistheilung weisen[2]). Angenommen, es sei dies nicht der Fall, sondern es weise derselbe bei beiden Instrumenten etwa auf die Mitte zwischen dem Theilstrich 4 und 5 oberhalb resp. links vom Nullstrich, so wäre die Ablesung oder der Ausgangspunct für die Messung beim grossen Instrument $4^1/_2 = 4{,}5$ und beim kleinen, wo jeder Theil den Werth von 10 hat, 45. (Nach einiger Uebung bringt man es leicht dahin, die Zehntel eines Scalentheils zu schätzen.) Nunmehr wird die Röhre in üblicher Weise mit der zu untersuchenden Zuckerlösung ganz angefüllt, in den Apparat gelegt und die jetzt wieder hervortretenden Fransen im Rohre *A* resp. *a* durch eine Drehung neuerdings zum Verschwinden gebracht und zwar so, dass dabei die Theilstriche der Kreistheilung im Gesichtsfeld des Fernrohrs resp. der Lupe nach oben resp. nach links wandern. Die so erfolgende neue Einstellung auf das Verschwinden der Farbfransen gebe etwa bei der Ablesung am Theilkreise beim grossen Instrument: 177,8, beim kleinern unter Berücksichtigung

---

1) Herr Dr. Scheibler hat in den Berichten der deutschen chemischen Gesellschaft zu Berlin, 1868 Nr. 20, auf eine Fehlerquelle bei den saccharimetrischen Messungen hingewiesen, welche darauf beruhen soll, dass die Deckgläschen bei den Röhren durch starke Anpressung doppelbrechend werden. Ich habe bei meinem Instrumente und meinen Röhren gefunden, dass ein ganz ungewöhnlich starkes Anziehen der Schraubenkapseln nothwendig ist, um die Einstellung um 0,°2—0,°3 zu verändern und dass eine solch' allzustarke Pressung sich im Uebrigen sogleich durch die Unmöglichkeit bemerkbar macht, die Interferenzfransen vollständig zum Verschwinden zu bringen. Es kann somit diese Fehlerquelle bei unserm Instrumente leicht vermieden werden.

2) Man kann dies, wenn es nicht der Fall sein sollte, dadurch erzielen, dass man den Nullpunct der Theilung genau vor den Index bringt und alsdann nach Lösung der beiden seitlichen Klemmschrauben das polarisirende Nicol unter Festhaltung der Kreisscheibe dreht, bis die Fransen gerade verschwinden, worauf die Schrauben wieder angezogen werden.

Digitized by Google

des 10fachen Werthes eines Theils: 218. Ist der Ausgangspunct für die Messung, d. h. die Ablesung bei leerer Röhre, wirklich 0, so geben diese Zahlen unmittelbar die Anzahl Gramme Zucker, die in 1 Liter oder 1000 Cubikcentimeter der angewandten Lösung enthalten sind. Ist dagegen der Ausgangspunct unserer obigen Annahme zufolge 4,5 oberhalb beim grössern resp. 45 links beim kleinen Instrument, so haben wir diese Zahlen jeweilen von den vorstehenden abzuziehen. Die Messung am grössern Instrumente hätte also ergeben: 177,8 weniger 4,5 gleich 173,3 Gramme Zucker in 1 Liter und diejenige am kleinen: 218 weniger 45 gleich 173 Gramme. Wäre endlich die anfängliche Ablesung bei leerer Röhre 4,5 resp. 45 unterhalb resp. rechts vom Nullpuncte gewesen, so hätte man diese Zahlen zu den spätern Ablesungen hinzuzuzählen, also in unserm Falle erhalten beim grössern Instrument: 177,8 mehr 4,5 gleich 182,3 Gramm und beim kleinern: 218 mehr 45 gleich 263 Gramm in 1 Liter Lösung.

§ 8. Bestimmung des Zuckergehalts, wenn die Lösung ausser Rohrzucker als active Substanz noch Invertzucker einschliesst. Zur raschen und bequemen Ausführung dieser Bestimmung kann nur das grössere Instrument dienen.

Man füllt die mit 200 bezeichnete Röhre mit der unveränderten Lösung, die mit 220 markirte Röhre dagegen mit einer Flüssigkeit an, die man aus der erstern in folgender Weise erhält. 50 Cubikcentimeter der Lösung werden in einem Kölbchen mit 5 Cubikcentimeter rauchender Salzsäure 10 Minuten lang im Wasserbade auf 65—70° Celsius erwärmt und sodann wieder auf die Temperatur der Umgebung abgekühlt[1]). Durch dieses Verfahren wird bekanntlich der Rohrzucker in Invertzucker übergeführt. Legt man zuerst die Röhre 200 in den Apparat ein, so wird man wieder von 0 nach oben hin drehen müssen, um die Auslöschung der Fransen zu bewirken, während man von 0 nach unten hin drehen muss, um nach Einlegung der Röhre 220 dasselbe zu erzielen. Angenommen, die Einstellung bei der Röhre 200 habe dasselbe Resultat wie oben ergeben, nämlich die Ablesung 177,8 nach oben am getheilten Kreise, dagegen hätte man für die interver-

1) Ein passender Apparat hiefür, bestehend aus einem Thermometer, einem Glaskölbchen mit zwei, 50 und 55 CC. entsprechenden Marken am Halse und einem dazu passenden kleinen Wasserbad zur Erwärmung über der zur Beleuchtung dienenden Spiritus- oder Gaslampe ist ebenfalls von Herrn Hermann & Pfister auf Wunsch zu beziehen.

Digitized by Google

tirte Flüssigkeit in der längern Röhre die Zahl: 47,5 nach unten gefunden, und die Temperatur der letztern Flüssigkeit unmittelbar nach der Messung durch Einsenken des Thermometers in dieselbe zu 16° C. bestimmt, so berechnet sich der wahre Gehalt an reinem Rohrzucker aus diesen Daten mit Hilfe der beistehenden Tafel[1]) in folgender einfacher Weise:

Temper. Grad.	Winkelsumme.								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10°	0,719	1,438	2,157	2,876	3,595	4,314	5,033	5,752	6,471
11	0,722	1,444	2,166	2,888	3,614	4,332	5,054	5,776	6,502
12	0,725	1,449	2,175	2,898	3,624	4,350	5,073	5,796	6,522
13	0,727	1,454	2,181	2,908	3,635	4,362	5,089	5,816	6,543
14	0,730	1,460	2,190	2,920	3,650	4,380	5,110	5,840	6,570
15	0,733	1,465	2,199	2,930	3,664	4,398	5,129	5,860	6,594
16	0,735	1,470	2,205	2,940	3,675	4,410	5,145	5,880	6,615
17	0,738	1,475	2,214	2,950	3,689	4,428	5,164	5,900	6,639
18	0,740	1,480	2,220	2,960	3,700	4,440	5,180	5,920	6,660
19	0,743	1,486	2,229	2,972	3,715	4,458	5,201	5,944	6,687
20	0,746	1,492	2,238	2,984	3,730	4,476	5,222	5,968	6,714
21	0,749	1,498	2,247	2,996	3,745	4,494	5,243	5,992	6,741
22	0,752	1,504	2,256	3,008	3,760	4,512	5,264	6,016	6,768
23	0,755	1,509	2,265	3,018	3,774	4,530	5,283	6,036	6,792
24	0,757	1,514	2,271	3,028	3,785	4,542	5,299	6,056	6,813
25	0,760	1,520	2,280	3,040	3,800	4,560	5,320	6,080	6,840

Man nimmt die Summe der Ablesungen am Theilkreise bei der Röhre mit unveränderter und bei der mit intervertirter Lösung — also in unserm Falle: 225,3 — alsdann gibt die Tafel jeweilen für die an ihrem obern Rande stehenden Zahlen 1 bis 9 dieser Summe, auf der, der abgelesenen Temperatur entsprechenden Horizontalreihe die in 1 Liter der Lösung enthaltene Gewichtsmenge Rohrzucker in Grammen. Für die Summe 225,3 und die Temperatur 16° C. folgt also aus der Tafel:

für	200 oder 100 × 2 :	147,0
„	20 oder 10 × 2 :	14,70
„	5	3,67
„	0,3 oder $^1/_{10}$ × 3 :	0,22
		165,59

also in Summa: 165,6 Gramme Zucker in 1 Liter Lösung.

1) Diese Tafel ist nach den Bestimmungen von Clerget über das Verhältniss der Drehungen des Rohrzuckers und Invertzuckers berechnet.

Digitized by Google

IV. Gebrauch als Diabetometer.

§ 9. Bestimmung des Gehaltes an Harnzucker von Urin, der von allen andern drehenden Substanzen befreit ist. Die Aufstellung der Instrumente ist dieselbe wie oben, nur wird jetzt die mit fortlaufenden Zahlen von 0 bis 100 beim grössern und von 0 bis 50 beim kleinern Instrumente versehene Kreistheilung in $^1/_5{}^0$ in das Gesichtsfeld des Ablesefernrohrs resp. der Lupe gebracht. Beim Einstellen auf das Verschwinden der Fransen wird nunmehr beim grössern Instrument ungefähr der Theilstrich 50°, beim kleinen 25° vor den Index zu stehen kommen. Die Ablesung des Standes beim kleinern Instrument erfolgt durch Schätzung der Hälfte eines Kreistheiles bis zu $^1/_{10}{}^0$ und beim grössern Instrumente durch Schätzung der Zehntel eines Theiles bis zu $^1/_{50}{}^0$ wobei man durch Multiplication mit 2 sofort die $^1/_5{}^0$ und $^1/_{50}{}^0$ in $^1/_{10}{}^0$ und $^1/_{100}{}^0$ verwandelt, um sie als Decimalbruch aufschreiben zu können. Nachdem der Ausgangspunct bestimmt worden ist, legt man die mit dem Urin gefüllte Röhre auf den Apparat und dreht nach wachsenden Zahlen, bis wieder das Verschwinden der Fransen erfolgt. Zieht man von der neuen Ablesung die frühere ab, so erhält man den sogen. Drehungswinkel a, aus dem sich die Concentration C, d. h. die in 1 Liter Urin enthaltene Gewichtsmenge Harnzucker nach Grammen vermittelst der Formel:

$$C = 1984 \frac{a}{L}$$ [1])

berechnet, wobei L die Länge der Röhre in Millimetern darstellt. Die nachstehende Tafel gibt die Resultate dieser Rechnung für ganze Grade und die üblichen Röhrenlängen.

Drehungswinkel.	25mm	50mm	100mm	200mm
1°	79,36gr	39,68gr	19,84gr	9,92gr
2	158,72	79,36	39,68	19,84
3	238,08	119,04	59.52	29,76
4	317,44	158,72	79,36	39,68
5	396,80	198,40	99,20	49,60
6	476.16	238,08	119,04	59,52
7	555,52	277,76	138,88	69,44
8	634,88	317,44	158,72	79,36
9	714,24	357,12	178,56	89,28
10	793,60	396,80	198,40	99,20

1) Die Drehungsconstante 1984 für Harnzucker ist meiner Schrift S. 54 entnommen.

Digitized by Google

§ 10. Beispiel. Als Ausgangspunct beim grössern Instrument bei leerer oder weggenommener Röhre habe man gefunden: 50°,62. Nach Füllung der mit 100 bezeichneten Röhre mit dem Urin ergebe sich im homogenen Lichte der Natriumflamme die Einstellung: 54°,08, so ist der Drehungswinkel: 3°,46. Aus der Tafel folgt nun für L = 100 Millimeter:

als Concentration für . . .	3° :	59,52gr
„ $^1/_{10}$ der Concentration für	4° :	7,94 „
„ $^1/_{100}$ „ „ „	6° :	1,19 „
	Summa:	68,65gr

also in 1 Liter Urin ein Gewicht von 68,55 Gramme Harnzucker.

V. Gebrauch als eigentliches Polaristrobometer.

§ 11. Bestimmung der Drehungen beliebiger Substanzen. Wenn die Drehungen, welche irgend welche Flüssigkeiten auf die Polarisationsebene des Lichtes ausüben, ermittelt werden sollen, so geschieht die Bestimmung des Drehungswinkels vermittelst der Gradtheilung bei den Instrumenten nach ganzen, Zehntels- und Hundertstels-Graden genau, wie eben für den Urin angegeben worden ist. Nun für den Fall, wo die Drehungsgrösse eine sehr geringe ist — etwa 2° nicht übersteigt — oder dann die Flüssigkeit selbst stark gefärbt ist, ist es thunlich, statt des homogenen gelben Lichts der Natriumflamme, das wir bisher immer vorausgesetzt haben, weisses Licht zur Beleuchtung zu verwenden. Man richtet zu dem Ende den Apparat entweder gegen den wolkenfreien oder gleichmässig überzogenen Himmel oder gegen eine gleichförmig erleuchtete weisse Wand oder endlich gegen eine hellbrennende Lampe mit etwas breiter Flamme. In allen diesen Fällen ist es nothwendig, beim grössern Instrumente die demselben beigegebene Blendröhre am Ende D Fig. 1 anzuschrauben, um das störende Seitenlicht abzuhalten.

Die fragliche Substanz ist eine rechtsdrehende, wenn man bei gefüllter Röhre die Kreisscheibe nach wachsenden Zahlen drehen muss, um die Auslöschung der Fransen zu bewerkstelligen, und dagegen eine linksdrehende, wenn zu dem Ende eine Drehung nach der entgegengesetzten Seite nothwendig ist. Wenn indessen die Drehungsgrössen bedeutender werden, so kann ohne Weiteres über den Sinn und damit auch über den Werth derselben eine Unsicherheit entstehen. Ange-

Digitized by Google

nommen, es sei als Ausgangspunct beim grössern Instrument genau 50° gefunden worden und nach Füllung der Röhre von 200 Millimeter Länge mit der zu untersuchenden Flüssigkeit habe sich die Einstellung 92° ergeben, so würde man sehr irren können, wenn man daraus unmittelbar die Flüssigkeit als eine rechtsdrehende mit einem Drehungsvermögen von 42° für 200 Millimeter Länge erklären wollte. Man findet nämlich in diesem Falle, dass auch bei der Einstellung auf 2° ein Auslöschen der Farbfransen erfolgt; es könnte also unsere Flüssigkeit auch eine linksdrehende sein, welche die Polarisationsebene bei 200 Millimeter Länge um 48° ablenkt. In solchen, übrigens sehr seltenen Fällen hat man zur Entscheidung nur nöthig, noch eine zweite Beobachtung mit der halb so langen Röhre zu machen. Angenommen, unsere Flüssigkeit würde in der Röhre von 100 Millimeter Länge als neue Einstellung 26° ergeben, so würde daraus unmittelbar folgen, dass sie in der That eine linksdrehende sei, während sich hingegen im erstern Falle, wenn sie wirklich eine rechtsdrehende wäre, die Einstellung 71° bei halber Länge der Säule hätte ergeben müssen.

Digitized by Google

Ueber die Grenzen der Magnetisirbarkeit des Eisens und des Stahles.

Von

Dr. A. v. Waltenhofen.

(Aus den Wiener Sitzungsberichten gütigst vom Herrn Verfasser mitgetheilt.)

Wenngleich die Abweichungen der electromagnetischen Intensitätscurve von der durch die Müller'sche Gleichung bestimmten Form noch nicht vollständig ermittelt worden sind, so kann doch die Frage nach der Giltigkeit des von Lenz und Jacobi aufgestellten Proportionalitätsgesetzes wenigstens insoweit als erledigt betrachtet werden, als es nach den vorliegenden Thatsachen ausser Zweifel steht, dass es für jeden Electromagnet eine Grenze gibt, über welche hinaus sein Magnetismus selbst durch eine in's Unendliche fortgesetzte Vergrösserung der Stromstärke nicht gesteigert werden könnte.

Eine andere Frage ist aber die: wie es sich in jedem Falle mit der absoluten Grösse der Magnetisirbarkeit der kleinsten Theilchen und dem numerischen Betrage des theoretisch möglichen Momentes der Gewichtseinheit des magnetisirten Körpers verhält. Die Erörterung dieser Frage bildet den Gegenstand der vorliegenden Abhandlung.

Vor Allem muss ich bemerken, dass diese Frage in solcher Allgemeinheit bisher noch nicht angeregt worden ist. Ueberhaupt ist eine Zurückführung des erregten Magnetismus auf die Gewichtseinheit bisher nur in einigen wenigen speciellen Fällen vorgekommen, die ich zunächst besprechen will.

Vorerst hat W. Weber das magnetische Moment der Gewichtseinheit bei magnetischen Untersuchungen in Betracht gezogen und so-

Digitized by Google

mit diese Grösse eingeführt, indem er einerseits in den Resultaten aus den Beobachtungen des magnetischen Vereines (1840 Seite 89) die Zahl der absoluten Einheiten angibt, welche die besten Stahlmagnete per Milligramm enthalten[1]) und anderseits bei einer in den „electrodynamischen Massbestimmungen" (Diamagnetismus, Seite 569 und 573) mitgetheilten Versuchsreihe die auf die Gewichtseinheit des magnetisirten Eisenstäbchens entfallenden Werthe der beobachteten Magnetismen und auch eine deren Grenzwerth vorstellende Constante[2]) seiner an dieser Versuchsreihe erprobten Formel berechnet; doch handelt es sich in beiden Fällen nicht um meine oben angeregte Frage, denn im ersten Falle ist eben von der permanenten Magnetisirung des Stahles die Rede und im andern Falle wird die Verificirung der soeben erwähnten aus der Drehungstheorie abgeleiteten Formel und die Vergleichung des unter der Einwirkung gleicher electromagnetischer Kräfte beobachteten Eisen-Magnetismus und Wismuth-Diamagnetismus bezweckt.

Eine Berechnung des Grenzwerthes für das electromagnetische Moment der Gewichtseinheit Eisen habe ich in meinen im Jahre 1865 erschienenen „electromagnetischen Untersuchungen" (Sitzungsberichte, Band 52) gegeben, indem ich in die Müller'sche Formel:

$$x = Ad^{\frac{3}{2}} \operatorname{tg} \frac{y}{Bd^2}$$

anstatt des Stabdurchmessers d dessen Gewicht γ einführte und sofort aus der Relation

$$y = \beta\gamma \operatorname{arctg} \frac{x}{\alpha\gamma^{\frac{3}{4}}}$$

die Grösse $\lim \frac{y}{\gamma}$ mit Hilfe der für meine Spiralen bestimmten Constanten β berechnete und dieselbe Grösse auch für die Müller'schen Versuche (für welche sie von Müller selbst nicht berechnet worden ist) in der Art ermittelt habe, dass ich das unter Voraussetzung der Dichte 7,78 aus den gegebenen Dimensionen abgeleitete Stabgewicht in Rechnung brachte. Auf diese Art ergab sich aus meinen Versuchen

---

1) Diese wichtige Angabe, auf die ich später zurückkommen werde, kommt in der Abhandlung: „Messung starker galvanischer Ströme" u. s. w. vor, in der Form der gelegentlich eingeflochtenen Bemerkung, dass man bei einem sehr starken Stahlmagnet „400 Mass Magnetismus auf 1 Milligramm Stahl rechnen kann."

2) $n\mu = 2324{,}68$.

Digitized by Google

ein theoretisches Maximum von nahe 1679 und aus Müller's Versuchen von nahe 2616 absoluten Einheiten für das Milligramm Eisen.[1])

Diese Zahlen dienten mir zur Vergleichung der relativen Sättigungsgrade, welche bei Müller's Versuchen und bei den meinigen erreicht worden sind. — Weiter habe ich den Gegenstand damals nicht verfolgt, jene Zahlen und die früher erwähnte von W. Weber sind bis jetzt auch die einzigen für das magnetische Moment der Gewichtseinheit abgeleiteten Werthe.

Eine Vergleichung der Werthe 1679 und 2616 könnte wohl nur zu dem Schlusse führen, dass die fragliche Grösse — welche ich künftighin mit $m = 1000\ \mu = 1000 \times 90\beta^2$) bezeichnen werde — keine absolut bestimmte, sondern von den Dimensionen der Magnetisirungsspiralen abhängige, also im Allgemeinen für verschiedene Electromagnete eine andere ist.

Und doch sprechen triftige theoretische Gründe für die Annahme, dass $\mu = \lim \frac{y}{\gamma}$ eine unter allen Verhältnissen constante Grösse sei.

Die neueren Untersuchungen über das Verhalten magnetisirter Körper haben zu einer Reihe von Thatsachen geführt, welche sich kaum anders als durch die Annahme erklären lassen, dass der Uebergang aus dem unmagnetischen in den magnetischen Zustand auf einer Bewegung magnetischer Molecüle beruhe.[3]) — Ich selbst habe einen Beitrag zu diesen Thatsachen geliefert, nicht nur durch die nähere Erforschung der von Wiedemann zuerst nachgewiesenen Aenderungen der Coërcitivkraft des Stahles durch vorausgegangene Magnetisirungen[4]), sondern noch mehr durch die Entdeckung jener überraschenden Erscheinung, die ich unter dem Namen einer „anomalen Magnetisirung" des Eisens veröffentlicht habe[5]), einer Erscheinung, welche als einer der schlagendsten Beweise gegen die Hypothese der Fluida („Scheidungs-

1) Letzterer Zahl entspräche $\beta = 0{,}0291$.

2) Dabei wird aber vorausgesetzt, dass man die Constanten α und β so bestimmt habe, dass $\operatorname{arctg} \frac{x}{\alpha y^{\frac{1}{4}}}$ in Graden gemessen wird, was bei den Rechnungen den Vortheil der unmittelbaren Anwendbarkeit der üblichen Tafeln gewährt.

3) Siehe meine Abhandlung: „Ueber das electromagnetische Verhalten des Stahles." Abdruck aus dem 48. Bde. der Sitzungsberichte, Seite 25 und 26.

4) Dieselbe Abhandlung, Seite 24.

5) Im 48. Bde. der Sitzungsberichte.

Digitized by Google

theorie") und zu Gunsten jener der drehbaren Molecularmagnete („Drehungstheorie") betrachtet werden kann.

Wenn wir nun im Sinne dieser Hypothese den errregten Magnetismus als das Ergebniss einer bis zu einem gewissen Grade vollzogenen Drehung magnetischer Molecüle betrachten, so folgt aus dieser Annahme sofort, dass das Maximum des erreichbaren Magnetismus dem Gewichte des magnetisirten Körpers proportional sein müsse. In der That wird dieses Maximum dann erreicht sein, wenn die Drehung der einzelnen magnetischen Molecüle in allen Gruppen, aus welchen wir uns den magnetisirten Körper zusammengesetzt vorstellen können, soweit vollzogen ist, als es die Grenzen der unter dem Einflusse magnetisirender Kräfte überhaupt zulässigen Bewegungen gestatten.[1]) Es folgt hieraus allerdings nicht, dass alle Gruppen, welche eine gleiche Anzahl von Molecülen umfassen oder gleiche Gewichte haben, bei eintretender magnetischer Sättigung des ganzen Körpers auch gleich stark magnetisch würden;[2]) es ist vielmehr nicht unwahrscheinlich, dass die magnetischen Momente, welche den einzelnen Gruppen einer gleichen Anzahl von Molecülen im magnetisch gesättigten Körper zukommen, innerhalb gewisser Grenzen alle möglichen Werthe haben können. Immerhin aber bedingt der Sättigungszustand (nämlich die an allen Molecülen innerhalb der Grenzen ihrer Beweglichkeit vollständig vollzogene Drehung im Sinne der magnetisirenden Kraft) eine gleichförmige Erregung des Magnetismus in allen Schichten,[3]) wesshalb sich das magnetische Moment der Gewichtseinheit des magnetisch gesättigten Körpers als ein natürliches Mass der Drehbarkeit seiner magnetischen Molecüle darbietet. — Diese Grösse wird demnach mit gleichem Rechte als eine für die moleculare Beschaffenheit charakteristische physikalische Constante zu betrachten sein,

---

1) Man wird übrigens nicht übersehen, dass auch die Scheidungstheorie zu demselben Ergebnisse führt, wobei die magnetische Sättigung als vollständige Scheidung der in jedem Molecüle vorhandenen Fluida aufzufassen ist.

2) Dies würde nur dann der Fall sein müssen, wenn man von der Annahme ausgehen wollte, dass die magnetische Sättigung in einer vollständigen Parallelstellung aller Molecularmagnete bestehe.

3) Dies gilt aber, wie gesagt, nur für den Zustand der magnetischen Sättigung, denn bevor dieser erreicht ist, wird die Magnetisirung im Innern des magnetisirten Stabes weniger vorgeschritten sein, als in der Nähe der Oberfläche, und gegen die Enden zu weniger als in der Mitte.

Digitized by Google

wie z. B. die Constanten der Elasticität, Festigkeit, Dichte, Leitungsfähigkeit u. s. w.

Diese Erwägung über die Bedeutung des grössten magnetischen Momentes der Gewichtseinheit hat mich bestimmt, die numerische Ermittlung dieser Grösse wieder aufzunehmen und durch Heranziehung möglichst vieler Versuchsdaten mir die Aufklärung zu verschaffen, ob die auffallende Abweichung der oben angeführten Werthe für μ oder beziehungsweise β vielleicht auf einer ungenauen Bestimmung beruht, oder, ob sich das so eben aufgestellte Theorem, nach welchem μ und β völlig bestimmte absolute Werthe sein sollen, überhaupt in der Erfahrung nicht bestätigt.

Um dies zu erreichen, habe ich mir die Aufgabe gestellt, alle bis jetzt vorliegenden Beobachtungsresultate über den Zusammenhang zwischen Electromagnetismus und Stromstärke, soweit dieselben zur Berechnung der Grössen μ und β brauchbar sind, übersichtlich geordnet zusammenzustellen und die daraus sich ergebenden Werthe zu ermitteln.

Die hierauf bezüglichen tabellarischen und graphischen Zusammenstellungen und Rechnungen sind so umfangreich, dass ich sie wohl nicht vollständig mittheilen kann, ohne meiner Abhandlung eine allzu grosse Ausdehnung zu geben. Ich werde mich daher darauf beschränken, die benutzten Versuchsreihen genau zu citiren, die dabei in Anwendung gebrachten Spiralen zu bezeichnen und die gefundenen Werthe von β und μ anzuführen.

Ich habe bereits oben eines Werthes $\beta = 0{,}029$ (genauer 0,0291) erwähnt, welcher sich aus einer Beobachtungsreihe von Müller ergeben hat. Dieselbe ist mit der in meinen electromagnetischen Untersuchungen vom Jahre 1865 mit III bezeichneten 30 Centimeter langen Spirale angestellt worden, wobei Müller für den Coëfficienten B seiner Formel die Zahl 58600 fand, woraus obiger Werth von β folgt, wenn die angegebene Stablänge von 330 Millimetern in Rechnung gebracht und die Dichte des Eisens = 7,78 angenommen wird. Die betreffenden Versuche sind Seite 503 und 504 von Müller's „Bericht über die neuesten Fortschritte der Physik" verzeichnet. Ich habe aus den Versuchen mit dem 6 Millim. dicken Stabe, welche zur Bestimmung von B (oder β) am besten geeignet sind, diese Werthe abgeleitet und ein mit dem Müller'schen sehr nahe übereinstimmendes Resultat erhalten.

Mit derselben Spirale III hat Müller noch eine andere Versuchs-

Digitized by Google

reihe ausgeführt, welche im 82. Bande von Poggendorff's Annalen Seite 184 verzeichnet ist, ohne jedoch für dieselben die Constanten seiner Formel zu bestimmen. Hier fand ich aus den Versuchen mit dem dünnsten Stabe (6 Mm.) $\beta = 0{,}0274$. Ich werde daher für diese Spirale Nr. III als Werth von β das Mittel der Zahlen 0,0291 und 0,0274, nämlich

$$\beta = 0{,}0282$$

annehmen.

Weitere Versuche hat Müller mit einer Combination von zwei ineinander geschobenen Spiralen von zusammen 780 Windungen, wobei die innere 532 Millim. lang war, mit 57 Cent. langen Stäben angestellt. — Ich will diese combinirte Spirale mit IV bezeichnen. Die Versuche mit derselben sind Seite 506 und 507 des oben citirten Berichtes verzeichnet. Müller fand daraus $B = 81390$, woraus

$$\beta = 0{,}0234$$

folgt.

Eine dritte Versuchsreihe von Müller, welche ebenfalls zur Berechnung von β geeignet ist, hat derselbe mit einer $15\frac{1}{2}$ Cent. langen Spirale — sie soll mit Nr. V bezeichnet sein — von 310 Windungen mit 167 Millim. langen Stäben angestellt und im 82. Bande von Poggendorff's Annalen Seite 183 mitgetheilt, jedoch ohne daraus B zu bestimmen. Ich habe aus den Versuchen mit den zwei dünnsten Stäben (6 Mm. und 2,9 Mm.) β bestimmt und

$$\beta = 0{,}0257$$

gefunden.

Endlich hat Müller auch eine Versuchsreihe mit einer 532 Millim. langen Spirale von 408 Windungen (Spirale VI) mit 588 Millim. langen Stäben ausgeführt und in der soeben citirten Abhandlung mitgetheilt, jedoch ebenfalls ohne Berechnung der Constanten. Ich fand aus den Versuchen mit den drei dabei benutzten Stäben (12 Mm., 9 Mm. und 7,1 Mm. Durchmesser)

$$\beta = 0{,}0233.$$

Ferner habe ich die von W. Weber in den electrodynamischen Massbestimmungen (Diamagnetismus, Seite 570 bis 573) mitgetheilte Versuchsreihe für meinen Zweck benutzt. Das magnetisirte Stäbchen war 3,6 Mm. dick und 100,2 Mm. lang und befand sich in einer Spirale (Nr. VII) von nicht grösserer Weite als zum Hineinlegen des Stabes nöthig war. Bei diesem und allen folgenden Versuchen wurde der

Digitized by Google

Einfluss der Spirale auf das Magnetometer durch Compensation eliminirt. Für diese Versuchsreihe fand ich

$$\beta = 0{,}0234.$$

Ganz neuerlich hat Dub Versuche veröffentlicht, welche ebenfalls eine Bestimmung von β gestatten. Dieselben sind in einer Abhandlung: „Ueber das Eintreten des Sättigungszustandes der Electromagnete" im 133. Bande von Poggendorff's Annalen enthalten und mit einer Spirale (Nr. VIII) von etwa 1500 Windungen, $12^1/_2$ Zoll Länge, 1 Zoll Weite und $2^3/_4$ Zoll äusserem Durchmesser angestellt worden. Zur Bestimmung von β eignen sich wegen der erreichten hohen Sättigungsgrade am besten die Seite 65 und 66 verzeichneten Versuchsreihen mit den vier dünnsten Stäben ($^3/_8$, $^5/_{16}$, $^3/_{16}$ und $^1/_8$ Zoll) von 12 Zoll Länge. Es ergibt sich daraus der Werth

$$\beta = 0{,}0233.$$

Einen siebenten Werth für β (nämlich mit Ausschluss des in der Einleitung erwähnten aus meinen Untersuchungen vom Jahre 1865) habe ich aus noch nicht veröffentlichten Beobachtungen von A. Waszmuth (Assistent am hiesigen Polytechnikum) entnommen, welchen ich veranlasst habe, mit meinem im 48. Bande der Sitzungsberichte (in der Abhandlung über das electromagnetische Verhalten des Stahles) angegebenen Apparate und mit genauer Beobachtung des in meinen „electromagnetischen Untersuchungen" vom Jahre 1865 (Bd. 52 der Sitzungsberichte) beschriebenen Verfahrens einige Versuchsreihen mit einer Spirale (Nr. IX) auszuführen, welche 91 Millim. lang und 20 Millim. weit ist, mit einem äusseren Durchmesser von 49 Millim. und 4 Drahtlagen von je 24 Windungen. Von den mit 103 Millim. langen Stäben vorgenommenen Versuchen habe ich jene mit den drei dünnsten (von circa 1—3 Millim.) benutzt und daraus

$$\beta = 0{,}0230$$

abgeleitet. Waszmuth wird in seiner Arbeit eine genauere Bestimmung des seinen Beobachtungen entsprechenden Werthes von β bringen, doch dürfte das Resultat voraussichtlich von obiger Zahl in den drei ersten Decimalen nicht abweichen.

In der That hege ich nach den Rechnungen, deren Resultate ich bereits aufgezählt habe, keinen Zweifel mehr, dass β eine von den

Digitized by Google

Dimensionen des magnetisirten Stabes[1]) völlig unabhängige Grösse ist, deren absoluter Zahlenwerth bis auf 3 Decimalen mit

0,023

übereinstimmen muss, oder, wie ich bereits oben angedeutet, dass das magnetische Maximum der Gewichtseinheit eine völlig bestimmte, für das Eisen charakteristische physikalische Constante ist, deren Werth in absoluten Einheiten per Milligramm nicht viel von

2100

abweichen kann.[2])

Unter den bereits aufgezählten 7 Werthen für β sind nämlich nicht weniger als 5, welche die obigen drei Decimalen gemeinschaftlich haben und deren vierte zwischen 0 und 4 schwankt. Diese Uebereinstimmung ist fast überraschend, wenn man erwägt, dass die betreffenden fünf Zahlen aus Versuchen hervorgehen, welche von vier verschiedenen Beobachtern mit ebenso vielen verschiedenen Apparaten und Methoden und mit Stäben und Spiralen von den verschiedensten Dimensionen angestellt worden sind.

Die grössten Abweichungen bestehen zwischen den Resultaten mit der Spirale Nr. III von Müller und den unter den soeben aufgezählten sieben Werthen noch nicht mitgezählten Resultaten meiner eigenen Versuche vom Jahre 1865, die ich noch besprechen muss.

Ich habe in meiner mehrfach citirten Abhandlung über die Müller'sche Formel Versuche mit zwei Spiralen (beide 91 Millim. lang mit 6 Lagen von je 24 Windungen aus 3 Millim. dickem doppelt übersponnenem Kupferdrahte) mitgetheilt. Mit der engeren (9 Mm. weiten) Spirale (Nr. II) sind nun die beiden Seite 26 angeführten Versuchsreihen (mit 103 Millim. langen Stäben von 2,1 und 4,1 Mm. Durchmesser ausgeführt worden und ergaben

$$\beta = 0{,}0214.$$

Anders verhält es sich mit der weiteren (30 Mm. weiten) Spirale (Nr. I). Mit dieser Spirale wurden viele Versuchsreihen ausgeführt mit ebenfalls 103 Millim. langen Stäben, deren Durchmesser aber innerhalb der weiten Grenzen von 1 und 28 Mm. variirten.

---

1) Wenn derselbe nur überhaupt in der bei den beschriebenen Versuchen beobachteten Weise magnetisirt wird.

2) Der Annahme $m = 2100$ würde $\beta = 0{,}0233$ oder genauer $\beta = 0{,}023$ (wobei 3 periodisch ist) entsprechen.

Digitized by Google

Für β wurde der bereits erwähnte von allen übrigen beträchtlich abweichende Werth 0,01865 ermittelt.[1]) Dabei ist jedoch Folgendes zu bemerken.

Meine Versuche haben dargethan, dass die Müller'sche Gleichung auch bei einer und derselben Spirale nur innerhalb gewisser Grenzen auf Stäbe von verschiedenen Durchmessern ausgedehnt werden kann, wenn man für die Constanten der Gleichung dieselben Werthe beibehalten will. Diess gilt in der Art, dass z. B. die aus Versuchen mit den dünnsten Stäben abgeleiteten Constanten im Vergleiche mit den anderen desto grössere Differenzen zwischen Rechnung und Beobachtung bedingen, zu je dickeren Stäben man übergeht. Stellt man sich also die Aufgabe, die Constanten so zu wählen, dass sich die berechneten Werthe den beobachteteten für Stäbe von sehr verschiedenen Durchmessern in möglichst gleichem Grade anschliessen, so kann diess natürlich nur durch eine entsprechende Aenderung der für die dünnsten Stäbe ermittelten Constanten erreicht werden und erheischt somit auch eine Aenderung gerade desjenigen Werthes von β, welcher zur Berechnung des magnetischen Maximums am besten geeignet wäre,[2]) weil ja dieser Grenzwerth selbstverständlich aus dem Verhalten der dünnsten Stäbe am sichersten entnommen werden kann.

Diess war bei meinen Versuchen mit der Spirale I der Fall, indem ich dabei nicht eine numerische Bestimmung der magnetischen Sättigung, sondern vielmehr die Ermittlung der Grenzen im Auge hatte, innerhalb welcher die Müller'sche Formel, auf Stäbe von möglichst verschiedenen Durchmessern angewendet, noch die Dienste einer brauchbaren Näherungsformel erfüllt.

Lässt man aber diese Aufgabe fallen und sucht man nicht jenen Werth von β, welcher sich (mit einem entsprechenden α) allen Beobachtungen möglichst gleichmässig anschliesst, sondern vielmehr den

---

1) Und für α die Zahl 1,853. Siehe die cit. Abhandlung S. 9.

2) Damit ist natürlich nicht gesagt, dass dickeren Stäben ein anderer Grenzwerth des Momentes der Gewichtseinheit entsprechen würde, sondern nur, dass der besagte Grenzwerth aus den Versuchen mit dickeren Stäben unsicher zu ermitteln ist und dass, wenn die Müller'sche Formel mit Beibehaltung desselben Werthes von α Versuchsresultate mit sehr ungleich dicken Stäben umfassen soll, diess nur durch Einführung eines von den genauesten Bestimmungen etwas abweichenden Werthes von β zu erreichen ist.

Digitized by Google

für die dünnsten Stäbe passenden und das magnetische Maximum am genauesten angebenden, so erhält man eine grössere Zahl. Ich fand aus den Versuchen mit den drei dünnsten Stäben (von 1,1 Mm., 2,1 Mm. und 3,1 Mm. Durchmesser)

$$\beta = 0{,}0208\ ^{1}).$$

Die beiden nahe übereinstimmenden Zahlen 0,0208 und 0,0214 für meine Spiralen I und II sind zwar die kleinsten für β gefundenen Werthe, sie weichen aber doch weniger vom Mittel ab, als der aus Müller's Versuchen mit der Spirale hervorgehende Mittelwerth 0,0282. — Uebrigens habe ich in Betreff der Müller'schen Versuche bereits hervorgehoben, dass bei denselben nicht — wie bei den übrigen — die Wirkung der Magnetisirungsspirale auf das Magnetometer durch Compensation eliminirt war, sondern direct bestimmt und von der beobachteten Gesammtwirkung von Spirale und Stab in Abzug gebracht wurde. In der durch dieses Verfahren bedingten Fehlerquelle möchte ich den Erklärungsgrund für die beträchtliche Abweichung der Müller'schen Werthe für β suchen, denn es ist klar, dass die bei der besagten Reduction unvermeidlichen Fehler gerade bei den dünnsten Stäben, welche bei der Ermittlung von β so massgebend sind, am meisten Einfluss haben. (Vergl. W. Weber: electrodynamische Massbestimmungen; Diamagnetismus, S. 567).

In Berücksichtigung dieses Umstandes und in Erwägung, dass die aufgezählten neun Werthe für β aus Versuchen von fünf verschiedenen Beobachtern mit sehr verschiedenen experimentellen Hilfsmitteln abgeleitet worden sind, wird man meine bereits ausgesprochene Annahme, dass β eine absolute Constante sein und in den drei ersten Decimalen mit 0,023 übereinstimmen müsse, gerechtfertigt finden.

Ich lasse nun eine Zusammenstellung folgen, mit Angabe der Beobachter aus deren Versuchen die Werthe von β berechnet worden sind, in chronologischer Ordnung.

Spirale Nr.	β	Berechnet aus den Versuchen von
III	0,0282	Müller
IV	0,0234	
V	0,0257	
VI	0,0233	

1) Das correspondirende α erheischt dann natürlich auch eine entsprechende Aenderung, die jedoch für den vorliegenden Zweck nicht weiter in Betracht kommt.

Digitized by Google

Spirale Nr.	β	Berechnet aus den Versuchen von
VII	0,0234	W. Weber
I	0,0208	Waltenhofen
II	0,0214	
VIII	0,0233	Dub
IX	0,0230	Waszmuth
Mittel	0,0236	

Aus diesem Mittelwerthe

$$\beta = 0{,}0236$$

ergibt sich für die physicalische Constante, welche ich kurz die „Magnetisirbarkeit" des Eisens nennen will

$$m = 2125$$

in absoluten Einheiten per Milligramm.

Die temporäre Magnetisirbarkeit des Eisens beträgt sonach mehr als das Fünffache von der permanenten Magnetisirung der stärksten Stahlmagnete, wenn dieselbe nach W. Weber zu

400

absoluten Einheiten per Milligramm angenommen wird. Es ist bemerkenswerth, dass derselbe Sättigungsgrad (400) auch die Grenze bezeichnet, bis zu welcher der temporäre Magnetismus eines electromagnetisirten Stahlstabes das von mir nachgewiesene Gesetz $y = Kx^{\frac{4}{3}}$ befolgt.[1]) Von hier ab steigt die Intensitätscurve rasch, um bei einer Magnetisirung von etwa 560 absoluten Einheiten per Milligramm den Inflexionspunct zu erreichen und sofort, wie die magnetische Intensitätscurve des Eisens, gegen eine zur Abscissenaxe parallele Asymptote zu convergiren.[2]) Ob der Grenzwerth des erreichbaren temporären Magnetismus für den Stahl derselbe ist wie für das Eisen, lässt sich nach den bisherigen Untersuchungen noch nicht entscheiden.[3]) Ohne darüber eine bestimmte Annahme fest-

1) Ich habe nämlich in meiner Abhandlung „Ueber das electromagnetische Verhalten des Stahles" (Abdruck aus dem 48. Bande der Sitzungsberichte, S. 12) gezeigt, dass diess bis zu $^1/_4$ des von mir damals angenommenen Maximums (1679) eines gleichschweren Eisenstabes zutrifft, also nahe zu derselben runden Zahl (420) führt.

2) Seite 15 der citirten Abhandlung.

3) Einige Andeutungen über diese Frage nebst einem hierauf bezüglichen Versuche finden sich Seite 17 derselben Abhandlung.

Digitized by Google

zustellen, habe ich in meiner citirten Abhandlung die Sättigungsgrade der Stahlstäbe auf das berechnete magnetische Maximum eines gleichschweren Eisenstabes bezogen, was ich hier desshalb erwähne, weil nunmehr anstatt des damals angenommenen Werthes für m (1679) der richtigere 2125 zu setzen ist. — Dem entsprechend ist auch mein in der Abhandlung über die Müller'sche Formel (Abdruck aus dem 52. Bande der Sitzungsberichte Seite 19) aufgestellter Satz über die Ausdehnung des convexen Theiles des electromagnetischen Intensitätscurve des Eisens dahin zu modificiren, dass der Inflexionspunct derselben (nach Massgabe der Stabdicke) zwischen $^1/_4$ und $^2/_5$ der Sättigung (nämlich zwischen $^1/_3$ und $^1/_2$ der früher angenommenen) gelegen ist, was Magnetisirungen von etwa 560 bis 840 absoluten Einheiten [1]) entspricht. Ich habe nur noch beizufügen, dass die Stabdicke zwar (wie ich schon in jener Abhandlung dargethan habe) auf die Lage des Inflexionspunctes zwischen jenen Grenzen einen massgebenden Einfluss hat, dass sich jedoch noch keine allgemeine Regel dafür aufstellen lässt. Uebrigens habe ich mich seither immer mehr davon überzeugt (worauf ich ein anderes Mal ausführlicher zurückkommen will), dass der Inflexionspunct in der überwiegenden Mehrzahl der von mir untersuchten Fälle der oberen Grenze näher und also nicht weit vom Puncte der halben Sättigung entfernt liegt.

Eben bis zu der durch den besagten Inflexionspunct bezeichneten Grenze, welche also nach meinen Erfahrungen in der Regel einer Sättigung von etwa

800 bis 900

absoluten Einheiten per Milligramm (nämlich $^2/_5\,m$) in runder Zahl entspricht, kann, wie ich in derselben citirten Abhandlung nachgewiesen habe (Seite 21) das Lenz-Jacobi'sche Proportionalitätsgesetz als annähernd giltig betrachtet werden; also weit über die Grenzen hinaus, innerhalb welcher die Müller'sche Formel bei hinreichend kleinen Stromstärken eine annähernde Proportio-

1) Weil die Magnetisirung nur bei voller Sättigung als eine durchaus gleichförmige angenommen werden kann, so ist klar, dass die von mir zur Bezeichnung geringerer Sättigungsgrade angeführten Momente der Gewichtseinheit nur Durchschnittswerthe sind, von welchen die thatsächliche Magnetisirung in den einzelnen Schichten nach Massgabe der Stabdimensionen und des Sättigungsgrades mehr oder weniger abweichen muss.

Digitized by Google

nalität ausspricht. In diesem Umstande finden auch jene Versuche ihre vollständige Aufklärung, welche man gegen die Müller'sche Formel, ja mitunter sogar gegen die Annahme einer magnetischen Sättigung überhaupt, geltend machen zu können glaubte, insofern nämlich durch dieselben auch bei grösseren Stromstärken eine proportionale Zunahme des Magnetismus nachgewiesen worden ist, wie es nach meinen soeben auseinandergesetzten Beobachtungen nicht anders sein kann. Diese zeigen nämlich, dass das Müller'sche Gesetz streng genommen erst dann zur Geltung kommt, wenn die dem Inflexionspuncte entsprechende Magnetisirung bereits erreicht ist; diese ist aber nach meinen Untersuchungen eine schon sehr bedeutende, indem sie für einen gegebenen Eisenstab ein magnetisches Moment repräsentirt, welches ungefähr demjenigen eines sehr starken Stahlmagneten von doppeltem Gewichte gleichkommt.

Versuche also, bei welchen die Magnetisirung so weit getrieben worden ist, können schon aus dem angeführten Grunde über das Müller'sche Gesetz der Sättigung nichts entscheiden, abgesehen davon, dass auch die Dimensionsverhältnisse zwischen Stab und Spirale auf die mehr oder weniger eintretenden Abweichungen von der Proportionalität und auf das früher oder später eintretende Zurückbleiben der erregten Magnetismen einen massgebenden Einfluss haben.

Bei Abfassung der Abhandlung, welche meine Versuche mit den Spiralen I und II enthält, hatte ich die Werthe von β immer nur auf die betreffenden Spiralen bezogen, weil ich nach den damals vorliegenden Zahlen annehmen musste, dass diese Grösse, obgleich sie nach meiner Auffassung der Drehungstheorie absolut constant sein sollte, doch nach dem Zeugnisse der Erfahrung dieser Voraussetzung nicht entspricht. Der Zufall hatte mir nämlich gerade diejenigen Werthe für β zuerst vor Augen geführt, welche unter allen aus sämmtlichen bisherigen Versuchen hervorgehenden am meisten von einander abweichen und von welchen überdiess der eine aus dem bereits angegebenen Grunde zu klein angenommen und der andere aus einem gleichfalls angegebenen Grunde unsicher ist.[1]) Ich erwähne diess ausdrücklich, weil es wohl einem ähnlichen Zufall zuzuschreiben

1) Nämlich $\beta = 0{,}01865$ für Spirale I und $\beta = 0{,}0291$ für Spirale III, welcher mit dem für dieselbe Spirale gefundenen $\beta = 0{,}0274$ dem oben für diese Spirale angenommenen Mittel $\beta = 0{,}0282$ zu Grunde liegt.

Digitized by Google

ist, dass die von Müller angedeutete Relation zwischen dem B seiner Formel und der Stablänge von ihm selbst als eine nur als rohe Annäherung zulässige Annahme bezeichnet wurde.[1]) Dieses Urtheil gründete sich nämlich auf die Zahlen

$$B = 58600 = 178 \times \text{Stablänge für Spirale III}$$

$$\text{und } B = 81390 = 143 \times \text{Stablänge für Spirale IV,}$$

welche auch gerade diejenigen sind, die unter allen aus Müller's Versuchen hervorgehenden Werthen fast die äussersten Grenzwerthe bilden; denn nur der von mir für die Müller'sche Spirale VI berechnete Werth

$$B = 83716 = 142 \times \text{Stablänge}$$

enthält einen noch etwas kleineren Coëfficienten der Stablänge.

Führt man aber die Rechnung für alle in dieser Abhandlung aufgezählten Spiralen durch, so erhält man folgende Coëfficienten b der Stablänge

Spirale Nr.	β
I	127
II	131
III	172
IV	143
V	157
VI	142
VII	143
VIII	142
IX	141
Mittel	144

Nach diesen Resultaten erscheint die Annahme, dass B mit der Stablänge proportional, also $\frac{B}{l} = b$ constant sei, ebenso begründet, wie meine aus der Drehungstheorie gefolgerte Voraussetzung, dass β constant sei, in den für β gefundenen Werthen ihre Bestätigung fand.

In der That zeigt eine einfache Rechnung, dass beide Theoreme identisch werden, sobald man in allen Stäben eine gleiche und gleich-

---

1) Siehe Müller's „Bericht über die neuesten Fortschritte der Physik", S. 518 und meine oben citirte Abhandlung über die Müller'sche Formel, S. 25—28, wo ich die fragliche Relation ebenfalls als nicht bestätigt bezeichnete. — Uebrigens ist S. 27 eben dieser Abhandlung ein Druckfehler, indem es in der 5. Zeile von unten statt 1,47 heissen soll 1,147.

Digitized by Google

förmige Dichte annimmt, was im vorliegenden Falle auch ganz zulässig ist. Erwägt man nämlich, dass in den Eingangs angeführten Formeln

$$\gamma = \frac{\pi}{4} d^2 l s,$$

wobei γ, d und l beziehungsweise Stabgewicht in Grammen, Durchmesser und Länge in Millimetern und s das Gewicht eines Cubikmillimeters Eisen in Grammen bedeuten, — und berücksichtigt, dass die von Müller und mir in Rechnung gebrachten Zahlenwerthe für y sich, vermöge der gewählten Einheiten, wie 10^6 zu 1 verhalten, so erhellt sofort, dass

$$B d^2 = 10^6 \beta \gamma = 10^6 \beta \frac{\pi}{4} d^2 l s$$

also

$$\frac{B}{l} = b = 10^6 . \frac{\pi}{4} \beta s$$

sein müsse, wesshalb B mit l proportional sein muss, wenn β constant sein soll.[1])

Anders verhält es sich mit dem Coëfficienten A der Müller'schen Gleichung, von welchem ich bereits dargethan habe,[2]) dass die Annahme einer verkehrten Proportionalität mit der Stablänge, die mit den ersten Versuchsresultaten so gut stimmte, unhaltbar ist.

Anhang.

Die in der vorliegenden Abhandlung benutzte, im 133. Bande von Poggendorff's Annalen erschienene Arbeit von Dub „Ueber das Eintreten des Sättigungszustandes der Electromagnete" veranlasst mich, insofern darin auch meine Abhandlung über die Müller'sche Formel besprochen wird, noch zu einigen Bemerkungen.

Seite 58 sagt der Herr Verfasser von mir: „Er gelangt zu Resultaten, welche nicht in allen Beziehungen mit denen von Müller und mit dessen Formel übereinstimmen, allein er ist insofern mit Müller einverstanden, als er mit diesem aus seinen Versuchen den Schluss

---

1) $b = 10^6 . \frac{\pi}{4} \beta s$ gibt für $\beta = 0{,}0236$ und $s = 0{,}00778$ obigen Mittelwerth $b = 144$, also allgemein $B = 144\, l$.

2) Abhandlung über die Müller'sche Formel, Seite 27.

Digitized by Google

zieht, dass der Magnetismus in keinem Falle der Stromstärke proportional wachse."

Hier muss ich zur Erläuterung beifügen, dass die Abweichung von der Proportionalität nach der Müller'schen Formel einerseits und nach meinen Versuchen anderseits[1]) in entgegengesetztem Sinne stattfindet, indem die Curve der Müller'schen Gleichung stets concav gegen die Abscissenaxe verläuft, während die graphische Darstellung meiner Versuche eine Curve liefert, die erst convex ist und dann concav wird, indem zwischen den Ordinaten $\frac{1}{4} \cdot 90\beta\gamma$ und $\frac{3}{5} \cdot 90\beta\gamma$ (in der Regel nahe der letzteren) ein Inflexionspunct liegt. Da aber das convexe Curvenstück, wie ich (Seite 21) gezeigt habe, sehr wenig von einer Geraden abweicht[2]) und sich, wie gesagt, in der Regel nahe bis zum Eintritte der halben Sättigung erstreckt, so folgt aus meinen Versuchen sofort, wie ich bereits oben hervorgehoben habe, dass eine annähernde Proportionalität zwischen Magnetismus und Stromstärke innerhalb viel weiterer Grenzen stattfindet als diejenigen sind, welche sich aus der Müller'schen Formel ergeben, diejenigen nämlich, innerhalb welcher es zulässig ist, statt

$$y = \beta\gamma \operatorname{arctg} \frac{x}{\alpha\gamma^{\frac{3}{4}}} \text{ zu schreiben } y = \frac{180}{\pi} \cdot \frac{\beta}{\alpha} \cdot \gamma^{\frac{1}{4}} \cdot x.$$

Seite 88 ist eine Stelle aus meiner oben citirten Abhandlung angeführt; dabei ist jedoch der Schlusssatz durch Auslassung einiger Worte unverständlich geworden. Der Satz soll lauten: „Wiedemann hat die Gründe angedeutet, welche — im Widerspruche mit der Annahme einer allgemeinen Giltigkeit des einen oder des andern der vorgenannten Gesetze — überhaupt kein so einfaches Gesetz erwarten lassen." — Was meine an citirter Stelle angeführten Versuchsresultate betrifft, so wollte ich mit dieser Zusammenstellung nur ersichtlich machen, in wiefern die bezügliche Folgerung aus der Müller'schen Gleichung zutrifft, nach welcher die Proportionalität mit der Quadratwurzel der Stabdurchmesser, bei gleichen aber sehr kleinen Stromstärken, auch bei nicht ähnlich bewickelten Stäben, nämlich auch bei ungleich dicken Stäben, die in dieselbe Spirale kommen, an-

---

1) Siehe Seite 5 und Seite 19 bis 22 der citirten Abhandlung.

2) In der Regel nämlich; ich habe allerdings in einzelnen jedoch seltenen Fällen Ausnahmen beobachtet, auf die ich ein anderes Mal zurückkommen werde.

Digitized by Google

nähernd stattfinden soll, während das Dub'sche Gesetz der Durchmesser die besagte Proportionalität nur für ähnlich bewickelte Stäbe, aber ohne jene Einschränkung auf sehr kleine Stromstärken ausspricht.

Nachdem ich diese Arbeit bereits abgeschlossen hatte, las ich die im 135. Bande von Poggendorff's Annalen Seite 74 erschienene Abhandlung: „Ueber die sogenannte Magnetisirungsconstante" von Oberbeck. — Dieselbe enthält auch einige auf absolute Einheiten reducirbare Versuche über den Zusammenhang zwischen Electromagnetismus und Stromstärke, — sie bedingt aber dennoch keine Aenderung oder Vervollständigung meiner Rechnungen, weil die bei wachsenden magnetisirenden Kräften beobachteten magnetischen Intensitäten — wie die graphische Darstellung am besten zeigt — einen zu wenig regelmässigen Verlauf nehmen, als dass es möglich wäre, daraus mit einiger Sicherheit einen Werth für β abzuleiten.[1]) Es möge daher nur bemerkt sein, dass der Herr Verfasser die beobachteten Magnetismen auf die Volumseinheit bezieht und auch aus seinen Versuchen auf die Existenz eines von der Gestalt des magnetisirten Stabes unabhängigen Grenzwerthes dieser Grösse schliesst, ohne jedoch den numerischen Betrag desselben zu ermitteln oder anzugeben. — Die Annahme eines Grenzwerthes des Magnetismus für die Volumseinheit fällt, wie ich bereits dargethan habe, direct mit der Annahme zusammen, dass der Coëfficient B der Müller'schen Formel mit der Stablänge proportional ist. — Uebrigens bietet mir die Arbeit aus den angeführten Gründen keine Anhaltspuncte zu Vergleichungen mit dem von mir ermittelten numerischen Werthe des magnetischen Maximums der Gewichtseinheit oder des daraus hervorgehenden der Volumseinheit.

Was den Einfluss der Eisensorte auf diese Grössen betrifft, so ist wohl nicht zu zweifeln, dass sich derselbe hier ebensowohl geltend machen wird, wie bei den analogen Constanten der Elasticität, Festigkeit u. s. w., doch lässt sich nicht ermitteln, welchen Antheil dieser Einfluss an der Verschiedenheit der Werthe von m hat, welche ich aus den einzelnen Versuchsreihen abgeleitet habe; nur so viel ist ersichtlich, dass die durch die Eisensorte bedingten Ungleichheiten von m wohl nicht bedeutend sein können, vorausgesetzt, dass man es über-

1) Zwei von den mitgetheilten Versuchsreihen machen zwar (Seite 97) eine Convergenz gegen ein gemeinschaftliches Maximum ersichtlich, ohne dass es jedoch möglich wäre dasselbe mit einiger Sicherheit numerisch zu bestimmen.

Digitized by Google

haupt mit weichem Eisen zu thun hat, von welchem hier durchwegs ausschliesslich die Rede ist.

Hinsichtlich des Stahles habe ich in einer früheren Abhandlung (Abdruck aus dem 48. Bande der Sitzungsberichte Seite 17) die Vermuthung ausgesprochen, dass der Grenzwerth des magnetischen Momentes der Gewichtseinheit kleiner sein dürfte als beim Eisen, und habe auch eine darauf hindeutende Versuchsreihe angeführt. In dieser Abhandlung jedoch habe ich die soeben erwähnte Frage vorläufig ganz fallen gelassen, da es in dieser Richtung noch zu sehr an massgebenden Thatsachen fehlt.

Digitized by Google

Ueber oscillatorische Bewegungen der Electricität.

Von

Geheimrath Dr. Helmholtz.

(Aus dem Tageblatt der Innsbrucker Naturforscher-Versammlung.)

Die Erklärung der Versuche über die Ausbreitung electrischer Entladungen in ausgedehnten leitenden Massen erfordert eine Kenntniss der Oscillationsdauer der Ströme in den angewendeten Apparaten, namentlich in einer Inductionsspirale von der angewendeten Grösse, die an ihren Enden mit den Belegen einer Leydener Flasche verbunden ist. Der Vortragende hat solche Versuche nach einer neuen Methode gemacht, welche vor allen ihm bekannten bisher gebrauchten Methoden den Vorzug hat, dass die electrischen Oscillationen zwischen den Belegen der Leydener Flasche in einem vollständigen, und nirgends unterbrochenen Bogen vor sich gehen können, der keine Funkenstrecke enthält, und in welchem desshalb diese Oscillationen bis auf ihre letzten schwächsten Reste ungestört ablaufen können. Als Reagens zur Wahrnehmung der electrischen Bewegungen wandte er einen stromprüfenden Froschnerven an, der in einem solchen Falle bisher noch allen physikalischen Mitteln an Empfindlichkeit überlegen ist.

Zur Zeitmessung wurde ein schweres festes Secundenpendel angewendet, was einem nach A. Fick's Vorschlage construirtem Pendelmyographion angehörte. Dasselbe fiel immer von gleicher Höhe und stiess mit einem unten hervorragenden Vorsprunge im Verlauf seiner Schwingung kurz nacheinander gegen zwei Hebelchen, wodurch zwei Stromleitungen geöffnet wurden.

Die erste dieser Stromleitungen war die des primären Stroms, eines Du Bois'schen Schlittenapparats. Die Enden der inducirten

Digitized by Google

Spirale dieses Apparats waren mit den Belegungen einer oder mehrerer Leydener Flaschen metallisch verbunden. Die Unterbrechung des primären Stromes inducirte also zunächst in der secundären Spirale einen gleichgerichteten Strom, der die Belege der Batterie lud, darauf entlud sich die Batterie wieder in oscillirender Weise durch dieselbe Spirale, durch die sie geladen war. Die eisernen Drähte aus dem Innern der primären Spirale waren in allen Fällen entfernt, um durch die Einwirkung, die sie von der secundären Spirale empfangen und wieder rückwirkend auf sie ausüben konnten, den Vorgang nicht zu complicirn. Ausserdem würden die Oscillationen durch die Anwesenheit der Eisendrähte beträchtlich verzögert worden sein. Die gute metallische Leitung des inducirten Stromes wurde an einer Stelle unterbrochen, sobald das Pendel des Myographion gegen den zweiten Hebel stiess; dann trat eine Nebenleitung in Function, welche den Nerven des stromprüfenden Schenkels enthielt. Letzteren hatte ich übrigens ganz und gar in eine Kochsalzlösung von $^1/_2$ Percent eingelegt, wo sich seine Reizbarkeit drei bis vier Stunden lang vortrefflich erhielt. Der Nerv war zum Theil in ein enges Glasröhrchen hineingezogen, welches auch in die Flüssigkeit tauchte, und in welches ein feiner Platindraht als Electrode hineinragte. Die andere Electrode war eine Platinplatte in der grösseren Flüssigkeitsmasse. So lange die metallische Nebenschliessung zum Nerven nicht geöffnet war, ging kein merklicher Theil des Stromes durch den Nerven. Sobald jene geöffnet war, entlud sich der Rest des Stromes durch den Nerven und erregte Zuckungen, wenn er dazu kräftig genug war.

Die Wirkung des Stroms ist hierbei am stärksten, wenn die Unterbrechung der Leitung zu einer Zeit geschieht, wo die Geschwindigkeit der Strömung in der Spirale ein Maximum erreicht hat, zu welcher Zeit die Belege der Batterie nur schwach oder gar nicht geladen sind. Dann stürzt nämlich ganz plötzlich der Extracurrent der Spirale in den Nerven, und zwar mit einer Intensität, welche wegen des sehr kleinen electro-dynamischen Potentials der Nervenleitung der in der Spirale zur Zeit der Unterbrechung bestehenden Stromintensität fast gleich sein muss. Dieser Strom wird nachher allerdings wegen des grossen Widerstandes des Nerven sehr schnell an Stärke abnehmen und entweder geradezu oder nach wenigen schnell abnehmenden Oscillationen verschwinden. Aber die physiologische Wirkung seines plötzlichen Hereinbrechens in den Nerven kann eine sehr kräftige sein.

Digitized by Google

Wird dagegen die metallische Leitung unterbrochen zu einer Zeit, wo die Belege der Batterie das Maximum ihrer Ladung erreicht haben, und der die Electricität ihnen zuführende Strom in der Spirale eben aufhört und in die entgegengesetzte Richtung überzugehen beginnt, so müssen nach der Unterbrechung die in der Batterie aufgesammelten Electricitäten sich durch den Nerven, also durch einen Bogen von viel grösserem Widerstande entladen, wodurch die lebendige Kraft der nun noch stattfindenden Oscillationen schnell vernichtet wird. Die Ansteigung des Stroms zum Maximum geschieht dann erst allmälig ansteigend im Laufe einer Viertel Oscillation, und während dieser Zeit kann die Intensität der schnell erlöschenden Oscillationen schon sehr merklich vermindert sein, so dass die physiologische Wirkung in diesem Falle sowohl wegen der verminderten Ansteigungsgeschwindigkeit, als auch wegen der geringeren Höhe des zu erreichenden Maximums schwächer ist, als im ersten Falle.

Die Intensität der physiologischen Wirkung liess sich nur dadurch vergleichen, dass ich bei verschiedenen Werthen der Zeitdauer zwischen den beiden durch das Pendel ausgeführten Stromunterbrechungen jedesmal diejenige Stellung der verschiebbaren inducirten Spirale suchte, wo sie noch eben sichtbare Muskelzuckung gab. Wenn das Pendel zur Zeit eines Stromesmaximums in der Spirale die Nebenleitung zum Nerven unterbrach, konnte ich die inducirte Spirale weit von der inducirenden entfernen; wenn es zur Zeit eines Stromsminimums unterbrach, musste ich die Spiralen einander mehr nähern, oder erhielt auch von den späteren Oscillationen gar keine Wirkungen mehr.

Die Unterbrechungszeit konnte durch eine feine Schraube regulirt werden, welche die Stellung des zweiten Hebelchens änderte, und deren Kopf ich mit einer groben Kreistheilung versehen hatte. Um die den Schraubenumgängen entsprechenden Zeitwerthe zu berechnen, mass ich den Weg, den das Pendel zwischen den beiden Unterbrechungen zurücklegte mit einem an diesem selbst befestigten feinen Massstabe und berechnete die Zeit aus der Schwingungsdauer und Schwingungsamplitude des Pendels.

Der Apparat war extemporirt und wird sich in vieler Beziehung zweckmässiger und feiner einrichten lassen, aber es liessen sich schon so eine ganze Reihe von Resultaten erreichen.

Zunächst ist zu bemerken, dass bei Anwendung von einem Groveschen Elemente für den primären Strom, die Gesammtdauer der wahr-

Digitized by Google

nehmbaren electrischen Oscillationen in der mit einer Leydener Flasche verbundenen Spirale etwa $^1/_{50}$ Secunde betrug. Diese Gesammtdauer ist der Theorie nach unabhängig von der Capacität der mit der Spirale verbundenen Batterie.

Bezeichnen wir nämlich das electro-dynamische Potential der inducirenden Spirale auf die inducirte Einheit der Stromstärke in beiden mit P, das der inducirten auf sich selbst mit p, die Capacität der Batterie mit c, den Widerstand und die Stromstärke der inducirten Spirale mit w und i, die Stromstärke, welche in der inducirenden vorhanden war mit J, die in der innern Belegung der Batterie aufgehäufte Electricitätsmenge mit q, die Zeit mit t, die Oscillationsdauer mit T, und setzen wir $t = o$ für den Moment der Unterbrechung des primären Stroms, so ist nach Kirchhoff's und W. Thomson's Theorie:

$$q = J \frac{B}{\beta p} e^{-\alpha t} \sin(\beta t)$$

$$i = J \frac{P}{p} \left(\cos \beta t - \frac{\alpha}{\beta} \sin \beta t \right)$$

worin

$$\alpha = \frac{w}{2p}$$

$$\beta = \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{1}{pc} - \alpha^2}$$

Die Anzahl der Oscillationen für die Secunde ergab sich z. B. bei der Verbindung der Spirale mit einer Leydener Flasche gewöhnlicher Form zu 2164; von solchen konnten hinter einander an meinem Apparate 45 Maxima beobachtet werden. Die drei kleinen aus mit Quecksilber gefüllten Reagensgläschen gebildeten Leydener Flaschen hatten wegen ihres viel dünneren Glases zusammengenommen noch etwas grössere Capacität als jene Flasche und gaben 2050 Schwingungen für die Secunde. Die drei kleinen und die grössere Flasche zusammengenommen gaben 1550 Schwingungen. Letzterer Werth hätte der Berechnung nach nur 1484 betragen sollen, wenn als Capacität des Apparates nur die der Leydener Flaschen in Betracht gezogen wurde. Die Differenz erklärt sich daraus, dass bei diesen Versuchen auch die Spirale selbst in einem gewissen Grade die Rolle einer kleinen Leydener Flasche spielt. Das mit der zur Zeit positiv geladenen Belegung der Batterie zusammenhängende Ende der Drahtmasse ladet sich selbst positiv, das andere negativ und da jede so geladene Drahtwendung mit andern,

Digitized by Google

welche einer entfernteren Stelle des Drahtes angehören und geringeres electrostatisches Potential haben, in naher Berührung ist, und jene von diesen letzteren nur durch die dünne isolirende Schichte der umspinnenden Seide getrennt ist, so wird dadurch eine Anhäufung entgegengesetzter Electricitäten an beiden Seiten dieses Ueberzugs bedingt. Dabei wird die äusserste Lage von Drahtwindungen nur Electricität der einen Art, die innerste nur solche der andern Art anhäufen. In den innern Drahtschichten tritt nur Vertheilung der entgegengesetzten Electricitäten nach der äusseren und inneren des Drahtes ein.

Diese Ueberlegung führte mich dazu, zu untersuchen, ob Oscillationen nachweisbar seien, auch wenn die Spirale gar nicht mit einer Leydener Flasche verknüpft ist, wie diess bei den unipolaren Zuckungen vorkommt. Diess gelang in der That.

Zu dem Ende wurde das eine Ende der Spirale ganz isolirt, das andere mit den Gasröhren des Hauses verknüpft. Die zweite Unterbrechungsstelle mit den Nerven als Nebenschliessung wurde zwischen die Spirale und die Gasröhren eingeschaltet. Die Oscillationen waren in diesem Falle sehr schnell, etwa 7300 in der Secunde, und ihre physiologische Wirkung schwach, so dass überhaupt nur die ersten Maxima eine solche ausübten. Ich konnte in diesem Falle nur die 9 ersten Strömungsmaxima beobachten. Der Theorie nach sollte die Abnahme der Oscillationen in diesem Falle nicht schneller geschehen, als in den früher beobachteten; doch lässt die Theorie erkennen, dass ein etwaiger Mangel an Isolation der Drahtwindungen hier viel grösseren Einfluss haben musste als bei langsameren Oscillationen. Andrerseits kann hier aber auch in Betracht kommen, dass vielleicht der Nerv durch schnelle Schwankungen nicht mehr kräftig genug afficirt wurde.

Hier wie in den früheren Versuchen mit langsameren Oscillationen unterscheiden sich die in Nerven aufsteigend fliessenden Strommaxima von den abwärts fliessenden durch grössere physiologische Wirkung, so dass man auch die abwechselnde Strömungsrichtung dieser Maxima erkennen kann.

Dadurch ist constatirt, dass selbst eine leere am einen Ende isolirte, am andern Ende mit dem Erdboden verbundene Spirale sich abwechselnd positiv und negativ ladet, und die entgegengesetzte Electricität in den Erdboden austreibt, bis sie nach einer Reihe von Schwankungen zur Ruhe kommt.

Digitized by Google

Die Theorie lässt ferner hieraus die Folgerung ziehen, dass solche Schwankungen, nur etwas schneller abnehmend, in einer inducirten Spirale beim Oeffnungsschlage auch dann stattfinden, wenn ihre Enden durch einen schlecht leitenden Körper, z. B. einen Nerven verbunden sind, so dass auch die electrische Bewegung im Nerven aus Oscillationen von schnell abnehmender Stärke und nahehin derjenigen Schwingungsdauer besteht, welche die Spirale bei vollkommener Isolation eines ihrer Enden gibt.

Digitized by Google

Nachtrag zu der Mittheilung: Ueber die Veränderlichkeit der Wirkungen der Influenz-Electrisir-Maschine.

Von

Ph. Carl.

Ausser den im vorigen Hefte p. 279 ff. gegebenen Versuchen, welche die Veränderlichkeit der Wirkungen der Influenz-Electrisirmaschine unter gewöhnlichen Umständen feststellen sollten, habe ich noch weitere hundert Experimente an 31 Tagen angestellt und denselben die gleichzeitigen Angaben eines Wolpert'schen sogenannten Procent-Hygrometers beigefügt.

Die Maschine konnte bei diesen neuen Versuchen jedesmal erregt werden und zwar 73 mal, ohne dass sie zuvor in Rotation versetzt war, und 27 mal, nachdem die Scheibe sich bereits in Rotation befand.

Dabei ergab sich eine Funkenlänge

1 mal unter 5 Centimeter,
17 mal zwischen 5 und 9,10 Centimeter,
52 mal zwischen 10 und 14,15 Centimeter,
30 mal 15 Centimeter und darüber.

Was den Zusammenhang der Wirkungen mit der Feuchtigkeit betrifft, so lässt sich aus den aufgezeichneten Zahlen, sowie nach allen bisher von mir gemachten Erfahrungen nicht mehr entnehmen als bereits Riess in seiner Lehre von der Reibungselectricität (pag. 116) mit folgenden Worten ausgesprochen hat, an die ich die Leser des Repertoriums zu erinnern mir erlauben möchte:

„Der Zerstreuungscoëfficient (an der Torsionswage) hängt nicht allein von der absoluten Menge des Wassergases ab. Ein Luftvolum von bestimmter Temperatur kann nur eine bestimmte Menge Wassergas enthalten und keine grössere, und diese grösste Menge ist desto

Digitized by Google

bedeutender, je höher die Lufttemperatur ist. Luft von bestimmter Temperatur, welche gerade diese grösste Menge Wassergas besitzt, nennt man gesättigt. Man sieht daher, dass Luft, die durch ein bestimmtes Quantum Wassergas gesättigt ist, nicht mehr gesättigt bleibt, wenn man ihre Temperatur erhöht. Die Erfahrung hat nun gezeigt, dass der Zerstreuungscoëfficient für einen electrisirten Körper desto grösser ausfällt, je mehr der Feuchtigkeitszustand der den Körper umgebenden Luft sich dem Sättigungszustande nähert; jener Coëfficient hängt daher von der absoluten Menge des Wassergases ab, das die Luft enthält, und von dem Verhältnisse dieser Menge, die sie bei ihrer Temperatur enthalten kann."

„Die Beziehung des Sättigungszustandes der Luft zu der Zerstreuung der Electricität scheint eine zweifache Ursache zu haben. Zuerst nämlich sind alle Körper hygroscopisch, d. h. ihre Oberfläche übt eine gewisse Anziehung auf das Wassergas der Luft aus und condensirt dasselbe, und zwar in desto grösserer Menge, je näher die Luft ihrem Sättigungszustande ist. Auch die Stützen des electrisirten Körpers, sie mögen noch so sorgfältig gewählt sein, besitzen diese Eigenschaft und bedecken sich, je nach dem Zustande der Luft, mit einer grösseren oder geringeren Schicht condensirten Gases. Diese Stützen werden daher die Electricität um so weniger isoliren, je näher die Luft dem Sättigungszustande ist. Zweitens aber scheint es, dass die Luft selbst desto besser leitend wird, je näher ihr Wassergehalt dem Grenzwerthe steht, den er erreichen kann; warme Luft wird also die Electricität besser isoliren müssen, als kalte, wenn jede eine gleiche Menge Wassergas besitzt."

Ich lasse nun in der folgenden Tabelle die Beobachtungen selbst folgen, die ganz in der gleichen Weise aufgezeichnet sind, wie in der letzten Mittheilung.

Digitized by Google

Nr.	Tag	Stunde	Temperatur des Zimmers	Grad der Bewölkung	Erregen	Funkenlänge	Hygrometer	Bemerkungen
		h m	°			Ctm.		
1	Aug. 21.	7 15 Mgs.	14,9	3 nebelig	II	8.9	66	
2	„ 21.	2 15 Abds.	16,0	3	II	13	62	
3	„ 21.	4 0 Abds.	15,5	3	II	13	60	
4	„ 21.	6 30 Abds.	15,4	3	II	9	60	
5	„ 22.	9 5 Mgs.	15,4	2.3	II	9	64	
6	„ 22.	10 30 Mgs.	15,4	2	II	11	64	
7	„ 22.	3 50 Abds.	16,0	3.4	II	11	63	
8	„ 23.	3 30 Mgs.	15,1	—	II	10	63	
9	„ 24.	9 40 Mgs.	15,0	1	II	9	62	
10	„ 24.	12 55 Mitt.	16,4	1	I	13	57	
11	„ 24.	3 10 Abds.	16,7	1	I	13	56	
12	„ 24.	5 35 Abds.	16,1	1	I	14	59	
13	„ 25.	7 35 Mgs.	15,1	2	I	13	60	
14	„ 25.	8 30 Mgs.	15,5	1	II	10.11	66	Das Zimmer zuvor nass gewischt.
15	„ 25.	10 45 Mgs.	16,2	1	I	12	59	
16	„ 25.	12 5 Mitt.	17,5	1	I	14	58	
17	„ 25.	2 0 Abds.	18,5	0	I	15	54	
18	„ 26.	3 15 Mgs.	17,0	—	I	10	60	
19	„ 26.	8 15 Mgs.	16,4	4	II	7	66	Das Zimmer zuvor nass gewischt.
20	„ 26.	11 2 Mgs.	16,5	4	II	11	62	
21	„ 26.	2 25 Abds.	18,5	4	I	13	58	
22	„ 26.	4 40 Abds.	17,7	2.3	I	12	58	
23	„ 27.	5 50 Mgs.	16,1	0 nebelig	I	13	60	
24	„ 27.	7 42 Mgs.	12,9	0	I	11	64	Das Zimmer zuvor nass gewischt. Sämmtl. Fenster im Zimmer offen.
25	„ 27.	10 30 Mgs.	16,8	0	I	14	58	
26	„ 27.	11 32 Mgs.	17,9	0	I	15	55	
27	„ 27.	4 50 Abds.	19,2	0	I	15	51	
28	„ 28	8 50 Mgs.	16,1	1	I	11.12	60	
29	„ 28.	11 10 Mgs.	17,9	0	I	13	57	
30	„ 28.	6 10 Abds.	19,0	1.2	I	15	54	
31	„ 29.	8 30 Mgs.	17,5	3	I	14	56	
32	„ 29.	10 0 Mgs.	17,3	3	I	13.14	59	
33	„ 29.	12 28 Mitt.	19,0	2	I	15	58	
34	„ 29.	2 27 Abds.	20,3	1	I	15	56	
35	„ 30.	5 20 Mgs.	17,4	4	I	13	60	
36	„ 30.	9 30 Mgs.	18,2	2	I	12	61	
37	„ 30.	12 20 Mitt.	20,1	2	I	13	58	
38	„ 30.	3 10 Abds.	18,7	4 Regen	I	11	60	
39	„ 30.	6 20 Abds.	18,4	4	II	6	64	
40	„ 31.	8 0 Mgs.	17,5	4 Regen	I	11	62	
41	„ 31.	8 30 Mgs.	17,2	4 Regen	II	8.9	64	Das Zimmer zuvor nass gewischt. Fenster geöffnet.
42	„ 31.	1 30 Abds.	17,4	4	I	12	62	
43	Sept. 1.	6 20 Mgs.	16,4	4	I	12	62	
44	„ 1.	6 25 Abds.	16,8	3	I	13	60	
45	„ 2.	6 10 Mgs.	15,1	0 Nebel	I	13	58	
46	„ 2.	11 0 Mgs.	15,2	0.1	I	14	56	
47	„ 2.	2 4 Abds.	17,6	1	I	15	50	
48	„ 3.	4 15 Mgs.	15,2	0	I	15	57	

Digitized by Google

Nr.	Tag	Stunde	Temperatur des Zimmers	Grad der Bewölkung	Erregen	Funkenlänge	Hygrometer	Bemerkungen
		h m	°			Ctm.		
49	Sept. 8.	6 0 Mgs.	15,4	4	I	16	58	
50	„ 8.	8 52 Mgs.	13,7	4	I	16	60	Das Zimmer zuvor nass gewischt. Fenster offen.
51	„ 8.	10 26 Mgs.	16,0	3	I	16	60	
52	„ 8.	2 41 Abds.	18,2	2	I	16	56	
53	„ 4.	7 30 Mgs.	12,2	3	I	16	55	Das Zimmer zuvor nass gewischt. Offenes Fenster.
54	„ 4.	9 0 Mgs.	14,9	0	I	16	55	
55	„ 4.	11 15 Mgs.	16,0	0	I	16	54	
56	„ 4.	1 36 Abds.	17,1	0	I	16	52	
57	„ 4.	4 0 Abds.	19,4	0	I	16	52	
58	„ 4.	6 45 Abds.	16,5	1	I	16	51	
59	„ 5.	8 15 Mgs.	13,7	1	I	16	58	
60	„ 5.	9 50 Mgs.	15,6	1	I	16	58	
61	„ 5.	1 40 Abds.	18,4	1	I	16,17	52	
62	„ 5.	4 15 Abds.	18,4	1.2	I	16	50	
63	„ 6.	7 20 Mgs.	15,5	4	I	15	56	
64	„ 6.	8 0 Mgs.	15,4	4	II	12	60	Das Zimmer soeben nass gewischt. Offenes Fenster.
65	„ 6.	3 10 Abds.	22,1	3	II	11	58	
66	„ 7.	8 0 Mgs.	15,2	4	II	5	66	Das Zimmer zuvor nass gewischt. Regen in der Nacht sehr stark. Offenes Fenster.
67	„ 7.	10 15 Mgs.	16,8	3	II	9	64	
68	„ 7.	1 50 Abds.	16,0	4	I	10	60	
69	„ 8.	7 15 Mgs.	15,2	0	II	10	60	Horizont dunstig; starker Thau gefallen.
70	„ 8.	10 0 Mgs.	15,9	0	II	8	64	
71	„ 9.	11 0 Mgs.	17,0	3	II	9	64	
72	„ 9.	3 0 Abds.	18,8	2	I	10	60	
73	„ 11.	8 30 Mgs.	16,9	4 Regen	II	2	68	
74	„ 11.	9 0 Mgs.	17,0	4 Regen	II	6	64	
75	„ 11.	11 30 Mgs.	17,8	4	II	8	62	
76	„ 11.	1 20 Abds.	17,6	4 stark Regen	II	6	64	
77	„ 11.	2 35 Abds.	17,6	4 stark Regen	II	9	63	
78	„ 12.	10 0 Mgs.	17,2	2	I	9	60	Am Morgen starker Regen.
79	„ 13.	3 0 Abds.	17,7	4	I	12	54	Starker Wind.
80	„ 13.	8 0 Abds.	16,8	0	I	13	54	
81	„ 14.	7 15 Mgs.	15,6	0.1	I	13	54	
82	„ 14.	8 10 Mgs.	14,5	1.2	I	14	54	Das Zimmer zuvor nass gewischt. Offenes Fenster.
83	„ 14.	10 30 Mgs.	16,2	1	I	14	54	
84	„ 14.	11 45 Mitt.	17,2	2.3	I	14	54	
85	„ 14.	2 30 Abds.	16,8	4	I	14	53	Erregen bei offenen Conductoren möglich.
86	„ 15.	8 0 Mgs.	14,1	1	I	14	56	Das Zimmer eben nass gewischt. Starker Wind.
87	„ 15.	11 45 Mitt.	16,0	2	I	15	51	Starker Wind.
88	„ 15.	2 8 Abds.	17,3	1	I	16	50	
89	„ 15.	3 20 Abds.	17,4	1	I	15	53	
90	„ 16.	5 45 Mgs.	15,0	0	I	14	56	

Digitized by Google

Nr.	Tag	Stunde	Temperatur des Zimmers	Grad der Bewölkung	Erregen	Funkenlänge	Hygrometer	Bemerkungen
		h m	°			Ctm		
91	Sept. 16.	7 38 Mgs.	14,0	0	I	15	56	Zimmer zuvor nass gewischt. Offenes Fenster.
92	„ 16.	10 45 Mgs.	16.3	0	I	13	52	
93	„ 16.	11 49 Mitt.	17,4	0	I	14	53	
94	„ 16.	7 40 Abds.	17,3	0.1	I	15	50	
95	„ 17.	7 30 Mgs.	16.2	4 Regen	I	13	56	
96	„ 23.	8 0 Mgs.	13,6	0	I	14	56	
97	„ 23.	10 15 Mgs.	13,5	2	I	15	56	Offenes Fenster.
98	„ 24.	4 45 Abds.	15.8	3	I	15	56	
99	„ 25.	5 0 Abds.	16,6	0	I	13	56	
100	„ 26.	8 15 Mgs.	14,1	0	II	8	64	Zimmer zuvor nass gewischt. Offenes Fenster.

Digitized by Google

Ueber die bei unterbrochenen Strömen entwickelte Wärme.

Von

Jamin und Roger.

Seit längerer Zeit mit Untersuchungen über Induction beschäftigt, sind wir beiläufig auch darauf geführt worden, die Wärmeerscheinungen bei unterbrochenen Strömen zu studiren.

Pouillet hat gezeigt, dass wenn man einen Strom von der Intensität J durch einen geradlinigen und kurzen Schliessungskreis gehen lässt, ohne dass eine Inductionserscheinung zu Stande kommt, und dann denselben in regelmässigen und sehr kurzen Intervallen durch einen Schwingungsapparat unterbricht, dass dann die Bussole eine scheinbare Intensität J_1 anzeigt. Diese Intensität ist gleich J, vermindert im Verhältnisse der Zeit α, während welcher der Strom hindurchgeht, zur Dauer 1 einer Schwingung des Unterbrechers, so dass man hat

$$J_1 = J\alpha.$$

Man kann aus diesem Resultate schliessen, dass der unterbrochene Strom aus successiven Stromtheilen besteht, die eine Zeit α andauern und eine reelle Intensität J haben, und dass sowohl im Moment des Schliessens als des Oeffnens eines jeden Stromtheiles keine Aenderung eintritt.

Andrerseits weiss man, dass nach Jonle die Wärmemenge C, die während der Zeiteinheit in jedem Widerstande r durch einen Strom von der Intensität J frei wird, diesem Widerstande r und dem Quadrate J^2 dieser Intensität proportional ist; sie ist gleich KrJ^2, wo K einen constanten Coëfficienten bezeichnet. Dieses Gesetz ist für die continuirlichen Ströme bewiesen; wir haben untersucht, wie es sich für die unterbrochenen Ströme gestaltet.

Digitized by Google

Zu diesem Behufe liessen wir den Strom durch einen Thermorheometer geht, ein Instrument, das von Einem von uns erfunden wurde. Dieses Instrument besteht im Wesentlichen aus einem feinen Platindraht, dessen Länge variiren kann und der in das Gefässs eines Thermometers in eine isolirende Flüssigkeit eintaucht. Die durch den Strom entwickelte Wärme pflanzt sich in dieser Flüssigkeit fort und wird durch die beobachtete Ausdehnung gemessen. Bei diesem Verfahren haben wir gefunden, dass die unterbrochenen Ströme stets mehr Wärme entwickeln als continuirliche Ströme von der gleichen scheinbaren Intensität J_1. Diese Thatsache widerspricht dem Jonle'schen Gesetze nicht; man sieht im Gegentheile, dass es dasselbe bestätigt und zugleich verallgemeinert, während es gleichzeitig die Ansichten von Pouillet rechtfertigt. Da nämlich jeder Stromtheil nach diesem Physiker eine reelle Intensität J und eine Dauer α besitzt, so muss während einer Schwingung eine Wärmemenge gleich $KrJ^2\alpha$ frei werden. Setzt man für die reelle Intensität J ihren Werth $\frac{J_1}{\alpha}$, so muss diese Grösse $\frac{KrJ_1^2}{\alpha}$ werden. Unter sonst gleichen Umständen wird sie ein Minimum sein für $\alpha = 1$, d. h. wenn der Strom continuirlich ist; sie wird zunehmen, wenn α abnimmt, d. h. wenn die Dauer eines jeden Stromtheiles abnimmt.

Um diese theoretische Formel zu verificiren haben wir einen gewöhnlichen Froment'schen Interruptor angewendet. Eine an einer schwingenden Lamelle befestigte Platinspitze tauchte beim Sinken in ein Quecksilbernäpfchen und leitete dann den Strom fort; beim Heben trat sie aus dem Quecksilber und unterbrach so die Verbindung. Die Dauer eines jeden Stromtheiles verlängert man dadurch, dass man das Quecksilberniveau höher stellte; senkte man dasselbe, so verminderte man die Dauer eines jeden Stromtheiles. Der Werth von α, d. h. die Immersionsdauer liess sich leicht messen.

Die folgende Tabelle zeigt nun:

1) dass J_1, die scheinbare Intensität des unterbrochenen Stromes, nach dem Ohm'schen und Pouillet'schen Gesetze berechnet werden kann und dass sie gleich $\frac{A\alpha}{R+r}$ ist, wenn A die electromotorische Kraft und $R+r$ den Gesammtwiderstand des Schliessungskreises bezeichnet;

Digitized by Google

2) dass die im Widerstande r entwickelte Wärmemenge, dividirt durch $\frac{rJ_1^2}{\alpha}$, eine constante K (und zwar $K = 0{,}19$) ist, der Strom mag unterbrochen oder continuirlich sein.

Tabelle I.

Werthe von K und J_1 ohne Drahtrolle.

($A = 410{,}8$; $R = 3{,}650$.)

Intensität J_1			$\alpha = 1$		$\alpha = 0{,}06$	
beobachtet	berechnet	Widerstand r	C	$K = \frac{C\alpha}{rJ_1^2} \cdot S$	C	$K = \frac{C\alpha}{rJ_1^2}$
14,40	14,20	25,30	1080	0,20	1620	0,18
15,45	15,10	23,62	1160	0,20	1710	0,18
16,55	16,63	21,04	1150	0,20	1838	0,19
18,90	19,40	18,12	1120	0,20	2118	0,19
21,43	21,23	15,70	1470	0,20	2120	0,19
24,16	24,25	13,25	1640	0,21	2520	0,19
28,72	28,82	10,66	1800	0,20	3820	0,20
35,60	35,35	7,97	2150	0,21	3510	0,20
44,70	45,29	5,42	2490	0,23	4150	0,20
				Mittel 0,20		0,19

Bekanntlich sind die Verhältnisse nicht mehr so einfach, wenn man in den Schliessungskreis eine Drahtrolle mit einem weichen Eisenkerne bringt; die scheinbare Intensität des discontinuirlichen Stromes ist nicht mehr durch die Formel $J_1 = J\alpha$ gegeben, sie ist viel kleiner und folgt neuen Gesetzen, die gegenwärtig genau bekannt und von verschiedenen Physikern studirt worden sind.

Bezeichnen wir sie mit J_1', so ist klar, dass dann jeder Stromtheil sehr complicirt wird; er wird bei seinem Entstehen durch den Gegenstrom geschwächt und beim Unterbrechen durch den Extrastrom verstärkt. Es war wahrscheinlich, dass das Joule'sche Gesetz in einem Thermorheometer, das in den Schliessungskreis eingeschaltet wurde, modificirt wurde.

Dem war nicht so: die in diesem Thermorheometer freigewordene Wärme wurde wenigstens für den Fall, dass die Unterbrechungen einander rasch genug folgten, stets dargestellt durch die Formel $\frac{KrJ_1'^2}{\alpha}$,

Digitized by Google

wie wenn jeder Stromtheil eine constante reelle Intensität $\frac{J_1'}{\alpha}$ hätte; J_1' wurde durch die specielle Einwirkung der Rolle nach neuen Gesetzen, nicht nach den Ohm'schen, bestimmt.

Den Beweis hiefür gibt die folgende Tabelle, die aus Versuchen abgeleitet wurde, bei denen eine Drahtrolle in den Schliessungskreis eingeschaltet war.

Tabelle II.

Werthe von K mit einer Rolle im Schliessungskreise.

		$\alpha = 1$		$\alpha = 0{,}5$	
Intensität J_1'	Widerstand r	C	$K = \frac{C\alpha}{rJ_1'^2}$	C	$K = \frac{C\alpha}{rJ_1'^2}$
9,00	25,46	440	0,20	647	0,19
9,25	23,88	350	0,17	755	0,17
9,92	21,04	376	0,18	845	0,21
11,00	18,44	381	0,17	1039	0,23
12,52	15,78	466	0,18	915	0,18
13,90	13,15	426	0,18	997	0,21
15,65	10,57	427	0,16	970	0,18
18,70	7,86	476	0,17	1014	0,19
22,50	5,29	467	0,16	965	0,17
23,83	3,37	289	0,15	791	0,20
25,95	1,81	205	0,21	611	0,25
		Mittel	0,18		0,19

Hat aber in dem Theile des Schliessungskreises, der vom Thermorheometer gebildet wird, d. h. in einem Theile, wo keine Induction zu Stande kommt, keine Aenderung statt, so wird Alles in der Rolle modificirt, und wenn R ihren Widerstand bezeichnet, so ist die in derselben erzeugte Wärme viel grösser als die nach der Formel $\frac{KRJ_1'^2}{\alpha}$ berechnete Wärmemenge. Das Gesetz wird also bei der Induction eines Stromes auf sich selbst in dem Theile, wo diese Induction zu Stande kommt, geändert; allein es wird auch nur für diesen Theil ein anderes. Wir werden diese Aenderung in Bälde studiren.

(Pariser Comptes rendus 22. März 1869.)

Digitized by Google

Zweite Mittheilung über die bei unterbrochenen Strömen freigewordene Wärmemenge.

Von Jamin und Roger.

In einer früheren Mittheilung haben wir die Gesetze der von einem discontinuirlichen Strome in einem metallischen Widerstande, der nicht in eine Spirale aufgewunden ist und keinen weichen Eisenkern enthält, freigemachten Wärme ermittelt.

Diese Gesetze lassen sich folgendermassen kurz zusammenfassen:

1) Bezeichnet man durch $\frac{\alpha}{1-\alpha}$ das Verhältniss der Dauer eines jeden Stromtheiles zur Dauer einer jeden Unterbrechung, so erhält man die scheinbare Intensität J, wenn man mit α die wahre Intensität multiplicirt, welche der Strom hätte, wenn er keine Unterbrechungen erfahren würde:

$$J = \frac{nE\alpha}{nR + r} \qquad (1)$$

2) Die in dem äusseren Widerstande r entwickelte Wärme C ist

$$C = \frac{KrJ^2}{\alpha} \qquad (2)$$

wo K ein constanter Factor ist, der durch eine passende Wahl der Wärmeeinheit sich auf Eins zurückführen lässt.

Wir wollen heute diese Untersuchungen auf den Fall ausdehnen, bei welchem im Schliessungskreis ein Thermorheometer und eine auf einen weichen Eisenkern aufgewickelte Drahtspirale sich befindet. Wir werden durch t und b die Widerstände dieses Instrumentes darstellen.

Helmholtz hat auf theoretischem Wege die scheinbare Intensität des Stromes, der in diesem Falle zu Stande kommt, durch eine complexe Formel ausgedrückt, die durch Bertin und Cazin verificirt wurde.

Unsere Versuche führten uns auf ein einfacheres Resultat: dass man nämlich in dem Falle, wo die Vibrationen des Unterbrechens rasch sind, die scheinbaren Intensitäten noch durch die Formel (1) berechnen kann, wenn man darin nur die electromotorische Kraft E und den Widerstand R eines jeden Elementes durch grössere Coëfficienten A und R_1, welche durch den Versuch bestimmt werden, ersetzt.

$$J = \frac{nA\alpha}{nR_1 + b + t} \qquad (3)$$

Digitized by Google

Die scheinbare oder mittlere Intensität befolgt dann das Ohm'sche Gesetz; sie ist dieselbe wie wenn der Strom continuirlich und von einer Säule aus n Elementen gekommen wäre, wovon jedes eine electromotorische Kraft $A\alpha$ und einen Widerstand R_1 hat. Da dieser Strom aus getrennten Theilen besteht, welche zusammen eine Zeit α während einer Secunde andauern, so wird sich jeder in Bezug auf die Bussole so verhalten als wenn er während seiner ganzen Dauer eine unveränderliche Intensität $\frac{nA}{nR_1 + b + t}$ hätte, wie wenn er von einer Säule von n Elementen, deren jedes eine electromotorische Kraft A und einen Widerstand R hat, d. h. von einer Säule von grösserer Stärke und grösserem Widerstande gekommen wäre als beim Versuch der Fall war. Es ist dies übrigens nur ein mittleres Resultat; jeder Stromtheil besitzt eine veränderliche Intensität, die von seinem Beginne bis zu seinem Aufhören wächst und schliesslich mit einem Kraftstosse, dem Extrastrome, endigt; A und R_1 sind empirische Coëfficienten, welche weder die wahre electromotorische Kraft noch den wahren Widerstand des Elementes der Säule repräsentiren.

Die beiden ersten Columnen der folgenden Tabelle enthalten die berechneten und beobachteten Werthe der Intensität J.

Tabelle I.

$E = 16{,}21 \quad nR = 3{,}2 \quad b = 0{,}35$

$A = 27{,}70 \quad nR_1 = 10{,}3 \quad \alpha = 0{,}58$

Intensität		Thermorheometer				Rolle		
			C			C'		
beobacht.	berechn.	t	beobacht.	berechn.	$\frac{C\alpha}{tJ^2}$	beobacht.	berechn.	$\frac{C'\alpha}{bJ^2}$
0,90	0,89	25,46	37,10	42,82	0,90	3,15	4,41	6,45
0,92	0,93	23,88	40,01	43,88	0,95	4,20	4,83	8,28
0,99	1,01	21,01	44,78	46,00	1,06	9,03	5,88	8,28
1,10	1,10	18,44	55,06	47,81	1,22	7,56	6,93	10,35
1,25	1,22	15,78	48,49	49,61	1,00	9,24	8,41	9,74
1,39	1,35	13,15	52,84	50,99	1,00	13,44	10,50	11,57
1,56	1,52	10,57	54,10	51,62	0,95	15,54	13,23	10,47
1,87	1,74	7,86	53,74	50,46	0,95	20,16	17,43	9,50
2,25	2,02	5,29	51,14	45,90	0,95	28,14	23,52	9,26
2,38	2,30	3,37	41,92	37,74	1,06	34,23	30,45	9,99
2,59	2,59	1,81	32,38	25,76	1,32	40,53	38,43	9,09
					1,03			9,56

Digitized by Google

Nachdem wir das Gesetz für die Intensitäten gefunden hatten, haben wir die Wärme gemessen, welche in dem äusseren Schliessungskreise $b + t$ entwickelt wurde, wobei t den veränderlichen Widerstand des Thermorheometers bezeichnet. Dieses wurde in ein mit Alkohol gefülltes Thermometergefäss eingetaucht und gab an die Flüssigkeit seine Wärme ab, welche nun durch die beobachtete Ausdehnung gemessen wurde. Weit schwieriger war es die Wärme zu messen, welche in der um die weichen Eisenkerne gewundenen Drahtrolle b erzeugt wurde.

Es ist uns übrigens doch gelungen, indem wir diese Rolle in einen grossen Glascylinder tauchten, der durch eine Glasglocke geschlossen und mit Terpentinöl gefüllt war. Die Drahtenden, sowie eine mit dem Innern communicirende Thermometerröhre waren in die Glasglocke mit Gummilack eingekittet. Der schwächste Strom, den man durch die Rolle gehen lässt, erwärmt die Drähte und diese die Flüssigkeit; die Ausdehnung wird sogleich beobachtet und die Thermometersäule bleibt augenblicklich stehen, sowie man den Schliessungskreis öffnet. Die Wärme ist offenbar der Ausdehnung proportional.

Man fand übrigens, dass in dem äusseren, nicht gewundenen Widerstande t die Wärme stets dargestellt wird durch die Formel (2) $C = \frac{tJ^2}{\alpha}$ oder dass $\frac{C\alpha}{tJ^2}$ gleich der Einheit ist. Dies wird durch die vierte, fünfte und sechste Columne in der Tabelle I bewiesen. Das Einschalten einer Rolle mit weichem Eisen in den Schliessungskreis ändert also, wenn es auch die Intensität ändert, nicht die Relation, welche diese Intensität mit der Wärme und den Widerständen verbindet, wenn diese nur keine Veranlassung zu Inductionserscheinungen geben.

Dem ist nicht mehr so bei der Rolle b: die Wärme wird nicht mehr ausgedrückt durch $C' = \frac{bJ^2}{\alpha}$, sie ist viel grösser; die Grösse $\frac{C'\alpha}{bJ^2}$ ist nicht mehr gleich der Einheit, sondern gleich 9,56, wie man aus der letzten Columne der Tabelle ersieht.

Demungeachtet bemerkt man, dass diese Grösse constant ist, d. h. dass die Wärme C' dem Quadrate der Intensität proportional ist, so dass die Rolle ebensoviel Wärme entwickelt als ein nicht aufgewundener Draht von $9^1/_2$ mal grösserem Widerstande.

Digitized by Google

Wir wollen nun zeigen, dass der gefundene Wärmeüberschuss in der Rolle nicht im Drahte, sondern im weichen Eisen, das er umgibt, erzeugt wurde.

Zu diesem Behufe haben wir die weichen Eisenkerne in ein gesondertes und mit Terpentinöl gefülltes Gefäss eingeschlossen, das mit einer besonderen Thermometerröhre versehen und mit Löschpapier umhüllt war, um es vor Erwärmung oder Erkältung zu sichern. Die Rolle selbst war auf einen Glascylinder gewunden und in einen zweiten Glascylinder eingetaucht; der Zwischenraum zwischen diesen beiden Gefässen war geschlossen, mit Terpentinöl gefüllt und hatte auch seine besondere Thermometerröhre. Die weichen Eisenkerne wurden nun in das innere Glasgefäss eingesetzt. Die Rolle und die weichen Eisenkerne bildeten so zwei unabhängige und concentrische Thermorheometer; die Rolle magnetisirte die Eisenkerne und man mass getrennt die Wärme C im Thermorheometer t, C' in der Rolle b und C' in den weichen Eisenkernen. Es fand sich, dass $\frac{C\alpha}{tJ^2}$ und $\frac{C'\alpha}{bJ^2}$ einander gleich und gleich Eins sind; d. h. dass die entwickelte Wärme in einem Drahte, der auf einem Eisenkerne aufgewunden oder geradlinig gespannt ist, genau die gleiche ist. Ausserdem fand sich, dass $\frac{C'\alpha}{J^2}$ eine constante Grösse ist, d. h. dass in dem Eisenkerne eine Wärmemenge entsteht, die proportional dem Quadrate der Strom-Intensität ist.

Tabelle II.

$A = 19{,}44 \quad nR_1 = 7{,}40 \quad b = 0{,}73 \quad \alpha = 0{,}48$

Intensität		Thermorheometer			Rolle		Eisenkerne	
beobacht.	berechn.	t	C	$\frac{C\alpha}{tJ^2}$	C'	$\frac{C'\alpha}{bJ^2}$	C''	$\frac{C''\alpha}{J^2}$
5,08	5,07	1,06	58,59	1,06	41,41	1,06	15,00	0,28
4,56	4,45	2,12	95,54	1,06	36,04	1,40	11,10	0,26
4,13	4,12	3,18	114,24	1,00	28,31	1,10	10,00	0,27
3,77	3,77	4,24	124,15	1,00	22,76	1,05	9,10	0,31
3,20	3,21	6,36	129,86	1,05	14,36	0,94	6,10	0,28
2,81	2,81	8,48	128,35	0,75	10,33	0,67	4,10	0,25
				0,99		1,04		0,28

Die in den weichen Eisenkernen entwickelte Wärme variirt mit allen Nebenumständen der Construktion; sie nimmt zu mit der Dicke

Digitized by Google

des Drahtes und mit der Anzahl der weichen Eisenstäbe. Das Studium dieser verschiedenen Einflüsse wird Veranlassung zu interessanten Wahrnehmungen geben können. Die Wärme nimmt auch zu in dem Maasse als die Dauer α der Partialströme abnimmt; um dies zu beweisen wurde stets derselbe Quecksilberunterbrecher angewendet. Man stellt zuerst die Spitze so, dass sie während der ganzen Dauer der Oscillationen eintauchte; dann zog man sie mehr und mehr zurück, um die Immersionszeit allmählig bis auf Null herabzubringen und also auf diese Weise die Intervalle zwischen zwei aufeinanderfolgenden Magnetisirungen zu vergrössern. Bei einer Versuchsreihe wurde das folgende Resultat gefunden:

α	0,89	0,68	0,57	0,45	0,38	0,24	0,17
$\frac{C''\alpha}{J^2}$	0,23	0,49	0,84	0,85	0,96	1,13	1,07

Man sieht, dass C'' sehr rasch zunimmt, wenn α abnimmt. Man darf glauben, dass während jeder Magnetisirung ein Theil der Electricität in das weiche Eisen übergeht um daselbst Magnetismus zu erzeugen, und dass im Momente der Entmagnetisirung dieser Magnetismus sich in Wärme umsetzt. Es ist wahrscheinlich, dass es diese Wärme der weichen Eisenkerne ist, welche bei den electrischen Motoren in Arbeit verwandelt wird und dass die Wärme, die man in den Drähten findet, daselbst nicht umsonst hineinkommt.

(Pariser Comptes Rendus 3. Mai 1869.)

Digitized by Google

Kleinere Mittheilungen.

Ueber eine Einrichtung der Wage zu Wägungen mit bloss zwei Gewichtsstücken.

Von Ph. Carl.

Die folgende Methode kann dazu dienen, mit bloss zwei Gewichtsstücken rasch eine Wägung auszuführen und zwar mit einer Genauigkeit, die für viele Zwecke vollkommen ausreichend ist.

Man denke sich einen Wagebalken in 100 Theile getheilt, so kann man mit einem Reiter, der 100 Gramm schwer ist, noch 1 Gramm direct erhalten. Man verbinde nun mit dem Wagbalken fest und parallel eine gleich lange und ebenfalls in 100 Theile getheilte Schiene, so kann man mit einem 1 Gramm wiegenden Reiter durch Verschieben noch auf 1 Centigramm und durch Schätzung leicht auf 0,2 Centigrm. genau die Wägung ausführen.

Hat man leichtere Körper, so kann man auch auf kleinere Gewichte herabgehen. Nimmt man die beiden Reiter zu 50 und 0,5 Grm., so erhält man am Wagbalken 0,5 Grm., an der Schiene direct 0,005 und durch Schätzung leicht 0,001 Grm. Nimmt man die Gewichte der Reiter zu 10 und 0,1 Grm., so erhält man als Grenze direct 0,001 und geschätzt noch 0,0002 Grm.

Man hätte dabei den Vortheil, dass man während der Wägung nicht nöthig hat, den Wagkasten zu öffnen, da die beiden Reiter leicht von aussen dirigirt werden können. Dass ausserdem die Wägung weit rascher vollendet wäre als bei Anwendung eines Gewichtssatzes, unterliegt wohl keinem Zweifel. Die angeführte Einrichtung dürfte sich namentlich auch für die hydrostatische Wage zu Bestimmungen der specifischen Gewichte besonders empfehlen.

Theilt man beide Hälften der Wage und der Schiene in 100 Theile, so könnte man bei der Raschheit, womit die Wägung ausgeführt wird, immer die Wägung auf beiden Schalen vornehmen und sich so von den Fehlern in der Richtigkeit der Wage unabhängig machen.

Die Schwierigkeit bei der practischen Ausführung dieser Methode

Digitized by Google

liegt darin, dass der grosse Reiter nicht um 1 Hundertel eines Theilungsintervalles falsch eingestellt werden darf.

Man kann diesen Missstand umgehen, wenn man den leichten Reiter ganz weglässt, mit dem grossen Reiter allein ganz genau einstellt und die Entfernung des Reiters vom letzten Theilstriche am Wagbalken micrometrisch mit der Schraube misst.

Spectralapparat für Microscope.

Von Sigmund Merz.

(Hiezu Taf. XXI Figg. 4—6.)

Derselbe besteht aus einem Oculare (Merz Nr. 1) in dessen Bildebene eine Spalte und über dessen Augenglaslinse ein kleines Amici'sches Spectralprisma à vision directe angebracht ist.

Die Spalte hat das Eigenthümliche, dass ihre beiden Stahlschneiden durch eine Schraube gleichzeitig vom Mittel entfernt und derart weit geöffnet werden können, dass es möglich wird, bei abgenommenem Prisma die unter das Microscop gelegten Gegenstände zu beobachten und jene Theile derselben vor die Spalte zu bringen, welche spectralanalytisch untersucht werden sollen.

Das Prisma ist aus 5 Elementen zusammengesetzt, deren 2 aus Flint- und 3 aus Crownglas sind und wovon die 3 inneren Elemente je einen brechenden Winkel von 90°, die 2 äusseren von je 97° haben. Die angulare Weite des Spectrums beträgt circa 9° und die Intensität desselben ist genügend gross, um im diffusen Lichte mit Objectiven von $\frac{1}{6}''$ aequiv. Brennweite beobachten zu können. Bei Benützung eines Condensors und einer gewöhnlichen Argand'schen Lampe vermögen aber noch Objective von $\frac{1}{18}''$ aequiv. Brennweite gebraucht zu werden.

Der Preis gedachter Vorrichtung ist 24 Thlr. = 42 fl. Auf Verlangen werden diese Apparate aber auch mit abgelenktem Strahle geliefert und alsdann der Preis zu nur 21 fl. = 12 Thlr. berechnet, da ein Einzeln-Prisma hiefür genügt.

Zur Bestimmung der relativen Lage der Spectralbänder schlägt Herr Merz die Anwendung von Didymglasplatten vor, welche ähnlich dem Polarisator Nicol's in die Tischöffnung oder das Beleuchtungs-Diaphragma eingeführt werden müssen und auf Wunsch dem Apparate gleichfalls mitgegeben werden.

Digitized by Google

Die Microscope von S. Merz in München.

(Aus der Zeitschrift für Parasitenkunde von Hallier und Zürn. Bd. I, Heft 1.)

Seit einem Jahr im Besitz eines grossen Microscops aus der Werkstatt des Herrn Merz, bin ich gegenwärtig im Stande, einige Notizen über die Vorzüge desselben mitzutheilen. Das Stativ Nr. 1 von Merz ist das beste Stativ, welches augenblicklich aus irgend einer Werkstatt hervorgeht. Es hat beträchtliche Vorzüge vor allen englischen, amerikanischen, französischen und deutschen Stativen. Ich selbst besitze Microscope von Oberhäuser, Schieck, Zeiss und Bénèche; ich hatte Gelegenheit, die Instrumente von Schröder, Hartnack, Kellner, Gundlach und Anderen zu vergleichen und kann nur dem Stativ von Merz den ersten Rang zuerkennen. Der grosse Tisch ist um die Verticalachse vollständig, um die Horizontalachse in einem Winkel von etwa 45° drehbar. Das ganze Stativ ist dunkelfarbig, ein Umstand, der Manchem vielleicht unbedeutsam scheinen wird, der aber bei der Arbeit selbst sehr stark in's Gewicht fällt. Der starke Glanz mancher Stative ist bei allen feineren Untersuchungen eine ganz überflüssige Störung des Auges.

Vortrefflich ist die Einstellung. Es ist leider fast überall der Brauch, die grobe Einstellung durch Verschiebung des Rohrs in einer aufgeschlitzten federnden Hülse zu bewerkstelligen. Das hat mehre grosse Nachtheile. Erstlich wird dadurch die Einstellung in der That eine recht grobe, zweitens gefährdet unvorsichtiger Gebrauch dieser Einstellung sowohl das Objekt als das System, drittens endlich setzt sich in der Hülse beständig Staub ab und beeinträchtigt die Beweglichkeit des Rohrs. Alle diese Uebelstände beseitigt Herr Merz auf sehr einfache Weise. Das Rohr ruht mit einem vorspringenden Ring auf dem Rand der Hülse, welche, um die Bewegung äusserst sanft zu machen, mit Barchent ausgefüttert ist. Die Hülse ist an einem horizontalen Hebelarm befestigt, welcher mittelst einer soliden Hülse an einer dreieckigen Säule senkrecht verschiebbar ist und durch Schraube und Trieb eingestellt wird. Unten ist die Säule mittelst einer längeren starken Hülse mit dem Tisch verbunden. Hier befindet sich die Schraube für die feine Einstellung. Hat man nun mit der oberen Schraube die grobe Einstellung bewerkstelligt, so stellt man das Rohr mittelst einer hinten an der dreikantigen Säule angebrachten Klemmschraube fest. Nun kann der unvorsichtigste Anfänger dem System

Digitized by Google

oder dem Objekt keinen Schaden mehr zufügen, denn sollte er auch mit dem Kopf auf das Okular stossen, so bewegt sich doch das Rohr nicht abwärts. Man kann also ruhig Studenten, welche nie zuvor in ein Microscop gesehen haben, den Einblick verstatten; sie können nicht leicht Schaden anrichten. Selbstverständlich ist die feine Einstellung mittelst der unteren Schraube dadurch unbehindert.

Ich kann nicht unterlassen, hier darauf aufmerksam zu machen, wie ganz vorzüglich schön die Schrauben gearbeitet sind. Das hier besprochene Microscop benutze ich seit länger als einem Jahr täglich und noch geht die Schraube der feinen Einstellung so weich und gleichmässig wie am ersten Tage.

Recht handlich und hübsch ist auch die Blendungsvorrichtung. Sie besteht in einer um die Verticalachse drehbaren Doppelscheibe mit einem grossen kreisförmigen Diaphragma in der oberen und verschieden grossen in der unteren. Sobald die Diaphragmen der beiden Scheiben genau centrirt sind, arretirt eine unten angebrachte Feder mittelst eines Stiftes, welcher in ein kleines Loch einschlägt. Die Doppelscheibe kann in einer federnden Hülse seitlich verschoben und ganz abgenommen werden. Die federnde Hülse ist der einzige Fehler am Stativ; ich glaube jedoch, Herr Merz hat auf meinen Vorschlag dieselbe bereits durch eine kleine Schraube ersetzt. In das grösste Diaphragma der Doppelscheibe passen Kegel mit kreisförmigen einsetzbaren Scheiben am oberen Ende. Diese Scheiben haben verschiedene kreisförmige centrale Diaphragmen für feinere Abblendungen.

Ich bemerke noch, dass dem Stativ ein halbkugliger Condensator, eine sehr schöne grosse Beleuchtungslinse und auf Verlangen alle Apparate für Polarisation, Messungen u. s. w. in guter Construction beigegeben werden.

Ist das Stativ ohne Zweifel das beste von allen existirenden Stativen, so kann von den Systemen mindestens gesagt werden, dass sie denjenigen der ersten Firmen an die Seite zu stellen sind und die der meisten Werkstätten übertreffen. Herr Merz gibt den Systemen die Bezeichnung nach dem Focalabstand einer äquivalenten Linse. Das $^1/_{12}$''-System ist schon ein ganz vorzügliches. Es zeigt die Sechsecke des Pleurosigma angulatum so schön, wie wir sie mit keinem System gleicher Stärke gesehen haben. Das $^1/_{15}$''-System ist das stärkste ohne Immersion. Herr Merz gibt die Vergrösserungen desselben auf 300 bis 1200 lineare mit den verschiedenen sehr schönen, fast achroma-

Digitized by Google

tischen Ocularen an. Ich habe noch die Immersionssysteme $^1/_{18}$", $^1/_{24}$" und $^1/_{30}$". Schon mit dem $^1/_{18}$"-System sieht man bei günstiger Beleuchtung die Schatten der sechseckig-rundlichen Buckel des Pleurosigma angulatum an der vom einfallenden Licht abgewendeten Seite.

Die beiden stärksten Systeme hat Herr Merz mir erst vor einigen Monaten zur Auswahl gesendet und sie sind beide so vorzüglich, dass mir die Wahl schwer wird. Das $^1/_{30}$"-System ist das beste, welches ich je gesehen habe, vielleicht mit einziger Ausnahme des Systems von Hartnack Nr. 14, welches ich bei Herrn Regierungs- und Oeconomierath v. Schlicht in Potsdam vor Kurzem sah. Leider führte ich mein Instrument von Merz nicht mit mir, um einen genaueren Vergleich vorzunehmen.

Das $^1/_{30}$"-System vergrössert nach der Angabe von Merz 600 lineare mit seinem schwächsten, 2400 lineare mit dem stärksten Ocular. Nach genauerer Prüfung und Messung werde ich später über die vorzüglichen Leistungen dieses sowie des $^1/_{24}$"-Systems Weiteres berichten.

H.

Bemerkung zu einer Notiz von Herrn E. Mach, betreffend die Theorie der Drehung von Poinsot.

Von R. Radau.

Bei Gelegenheit der interessanten Mittheilung von Herrn Mach im Repertorium (IV, p. 361) möchte ich auf eine von H. Sylvester entdeckte Eigenschaft des Centralellipsoïds aufmerksam machen, welche die Poinsot'sche Theorie dahin vervollständigt, dass auch die Zeit versinnlicht wird. Denkt man sich nämlich mit dem Centralellipsoïd ein confocales Ellipsoïd fest verbunden, und an dieses letztere eine Tangentenebene parallel zu der unveränderlichen Ebene gezogen, so rollt das confocale Ellipsoïd auf seiner Berührungsebene und gleitet ausserdem auf derselben Ebene mit constanter Geschwindigkeit. Könnte die Berührungsebene sich also um ihre durch das Centrum des Ellipsoïds gehende Normale drehen, so könnte man sich dieselbe von dem Ellipsoïd weitergeschoben denken, und ihre Drehung würde der Zeit proportional sein. Die rotirende Berührungsebene des confocalen Ellipsoïds könnte also, wie ein bewegliches Zifferblatt, die verflossene Zeit angeben. Wie leicht ersichtlich, bleibt eine Axe des confocalen Ellipsoïds willkührlich, man kann dasselbe daher auch auf eine Ellipse reduciren.

Digitized by Google

Bemerkung über die Intensitäts-Boussolen.

Von R. Radau.

Wenn man zur Bestimmung der horizontalen Intensität des Erdmagnetismus die Schwingungsdauer einer Magnetnadel beobachtet, so notirt man gewöhnlich von 10 zu 10 Schwingungen die halbe Amplitude, und reducirt nachträglich die beobachtete Schwingungsdauer auf unendlich kleine Bögen, indem man statt 10 Schwingungen von der Amplitude a,

$$10\left(1 + \frac{1}{4}\sin^2\frac{a}{4}\right)$$

unendlich kleine Schwingungen zählt. Für a nimmt man die Summe der vorhergehenden und nachfolgenden halben Amplitude. Man könnte auch geradezu die beobachteten Werthe $\frac{a}{2}$ anwenden, müsste dann aber von der ersten Correction blos die Hälfte anschreiben. So z. B.

$\frac{1}{2}a$ beob.	a	Red. durch a	Red. durch $\frac{1}{2}a$
21°	...	...	10,042
20	41	10,081	77
18	38	69	62
17,5	35,5	61	59
16,5	34	55	52
...	...	...	...

Hier haben wir in der letzten Colonne 10,042 statt 10,085 geschrieben (nämlich $5 \times 1{,}0085 + 5 \times 1{,}0000$). Da man aber die beobachteten Amplituden anwenden kann, so wäre es am einfachsten, den Reductionsfactor direct abzulesen. Die Gradtheilung wäre also durch eine Scala zu ersetzen, welche die letzten Decimalen dieses Factors enthielte. Man hätte:

Factor		$\frac{a}{2}$
10	für	7,5
20		10,3
30		12,5
40		14,5
...		...
80		20,4
...		...

Dadurch würde die Berechnung der Beobachtungen sehr erleichtert.

Digitized by Google

Kaiser's Influenz-Electrisirmaschine.

(Hiezu Fig. 7 Tafel XXI.)

Herr Kaiser hat eine Influenzmaschine construirt, welche auf Taf. XXI Fig. 7 dargestellt ist und sich dadurch von der gewöhnlichen Einrichtung im Wesentlichen unterscheidet, dass zwei rotirende Scheiben vorhanden sind, zwischen welchen sich die feststehende Scheibe befindet. Die Saugkämme sind gleichfalls paarweise vorhanden, so dass je zwei zu einem der Conductoren geleitet sind. Das Ganze steht auf einem festen Tische, unter dem sich eine Lampe zum Erwärmen der Maschine befindet.

Les Mondes 29. August 1869.

Berichtigung.

In der Abhandlung über das Polaristrobometer von Wild ist überall anstatt Tafel XIX zu lesen: „Tafel XXI."

Digitized by Google

Register.

Die Zahlenangaben bedeuten Seitenzahlen.

Anemometer, registrirendes, von Brusotti 298.

Anemometer, electrisch-registrirendes der Sternwarte zu Modena von Ragona 304.

Ausdehnung, Apparat zur Messung der thermischen Ausdehnung fester Körper, von Müller 60, von Schellen 326.

Bauer, Ueber die Reduction feiner Gewichtssätze 332.

Bertin's Apparat zur electromagnetischen Rotation von Flüssigkeiten 249.

Bertin's Apparat um die Wirkung hohler Magnete zu zeigen 254.

Breguet's magneto-electrischer Minenzündapparat 141.

Brusotti's registrirendes Anemometer 298.

Bussolen für Intensität, Bemerkung über dieselben von Radau 394.

Capillarerscheinungen, Versuche über dieselben von Obermayer 56.

Carl, Magnetische Ortsbestimmungen 45, 163.

Carl, Ueber die Veränderlichkeit der Wirkungen der Influenz-Electrisirmaschine 279, 376.

Carl, Wage zu Wägungen mit bloss zwei Gewichtsstücken 389.

Chlorsilberkette von Pincus 63.

Cyon, Brechungsquotienten des Glaskörpers und des Humor aqueus 56.

Dehms, Ueber eine Reproduction der Siemens'schen Widerstands-Einheit 151.

Diabetometer von Wild 337.

Ditscheiner, Ueber eine Anwendung des Spectralapparates zur optischen Untersuchung der Krystalle 211.

Ditscheiner, Ueber die durch planparallele Krystallplatten hervorgerufenen Talbot'schen Interferenzstreifen 225.

Electrisirmaschinen von Kundt 36, von Holtz 42, von Kaiser 395.

Electrisirmaschinen, Ueber die Veränderlichkeit der Wirkungen der Influenz-Electrisirmaschine von Carl 279, 376.

Electrodynamik, Ueber die Grundformeln derselben, von Stefan 57.

Electromagnetische Rotation von Flüssigkeiten, Apparat hiefür von Bertin 249.

Exner, Ueber ein Spiegelgalvanometer zur objectiven Darstellung 6.

Galvanometer zur objectiven Darstellung von Lang 6.

Gambey's Kreis-Theilungs-Methode von Séguier 108.

Gewichtsatz, dessen Gewichte nach Potenzen von 3 geordnet sind, von Stahlberger 10.

Gewichtsätze, Ueber die Reduction derselben von Rühlmann 320, von Bauer 332.

Handl, über eine neue Art der Beobachtung von Heberbarometern 30.

Heberbarometer, über eine neue Art der Beobachtung an denselben, von Handl 30.

Digitized by Google

Helmholtz, Ueber oscillatorische Bewegungen der Electricität 369.
Hermann & Pfister's Maximum- und Minimum-Thermometer 314.
Hildebrandson, Untersuchungen über die Fortpflanzung des Schwefelwasserstoffs beim Durchgange durch verschiedene Gase 257.
Holtz's neue Influenzmaschinen 42.
Jamin & Roger, Ueber die bei unterbrochenen Strömen entwickelte Wärme 380.
Jelinek, Dessen Anleitung zur Anstellung meteorologischer Beobachtungen besprochen 335.
Influenz-Electrisirmaschine, über die Veränderlichkeit der Wirkungen derselben von Ph. Carl 279, 376, von Holtz 42, von Kaiser 395.
Intensitäts-Bussolen, Bemerkung über dieselben von Radau 394.
Interferenzstreifen, Talbot'sche durch planparallele Krystallplatten hervorgerufen von Ditscheiner 225.
Johnson's Tiefen-Thermometer 317.
Kaiser's Influenz-Electrisirmaschine 395.
Keller, Die electrische Minenzündung und der magneto-electrische Minenzündapparat von Breguet 141.
Kravogel's electromagnetischer Motor, von Pierre 14.
Kandt's Electrisirmaschine 36.
Lang, Dessen Spiegelgalvanometer zur objectiven Darstellung, beschrieben von Exner 6.
Listing, Vorschlag zu fernerer Vervollkommnung des Miscroscops auf einem abgeänderten dioptrischen Wege 1. Nachtrag hiezu 134.
Magnete, Apparat, um die Wirkung hohler Magnete zu zeigen, von Bertin 254.
Magnetische Ortsbestimmungen, gesammelt von Ph. Carl 45, 163.
Magnetisirbarkeit des Eisens und des Stahles, über die Grenzen derselben von Waltenhofen 120, 351.
Maximum- und Minimum-Thermometer von Hermann & Pfister 314.
Merz, Spectralapparat für Microscope 390.
Merz, Dessen Microscope besprochen 391.
Meteorograph von Theorell 121.
Meteorologische selbstregistrirende Instrumente der Royal Society in London 66.
Microscope, Vervollkommnung derselben auf einem abgeänderten dioptrischen Wege von Listing 1. Nachtrag hiezu 134.
Microscope, Spectralapparat hiefür von Merz 390.
Minenzündapparat von Breguet 141.
Motor, electromagnetischer von Kravogl 14.
Müller, Neuer Apparat zur Messung der thermischen Ausdehnung fester Körper 60.
Obermayer, Versuche über einige Capillarerscheinungen 56.
Ortsbestimmungen, magnetische, gesammelt von Ph. Carl 45, 163.
Pfaundler, Ueber eine neue Methode zur Bestimmung der Wärmecapacitäten von Flüssigkeiten 59.
Pfister & Hermann's Maximum- und Minimum-Thermometer 314.
Photographen-Objective, über das Prüfen und Wählen derselben von Steinheil 193.
Photographiren microscopischer Bilder, Apparat hiezu von Schröder 64.
Pierre, Ueber Kravogl's electromagnetischen Motor 14.
Pincus's Chlorsilberkette 63.
Pisco's Lehrbücher der Physik 64.
Polaristrobometer von Wild 337.
Radau, Bemerkung zu einer Notiz von Herrn E. Mach, betreffend die Theorie der Drehung von Poinsot 393.
Radau, Bemerkung über die Intensitätsbussolen 394.
Ragona, electrisch-registrirendes Anemometer der Sternwarte zu Modena 304.
Repsold, Beleuchtung des Gesichtsfeldes in einem gebrochenen Fernrohre 335.
Roger & Jamin, Ueber die bei unterbrochenen Strömen entwickelte Wärme 380.

Digitized by Google

Rotation, electromagnetische von Flüssigkeiten, Apparat hiefür von Bertin 249.
Rühlmann, Ueber die Reduction von Gewichtssätzen 320.
Saccharimeter von Wild 337.
Schellen, Apparat zur objectiven Darstellung der Ausdehnung fester Körper durch die Wärme 326.
Schellen, Apparat zur Demonstration der Zusammenziehung der Körper durch die Temperatur-Erniedrigung 331.
Schröder's Apparat zum Photographiren microscopischer Bilder 64.
Séguier, Bericht über die von Gambey bei dem grossen Mauerkreise der Pariser Sternwarte befolgte Theilungsmethode 108.
Siemens's Widerstands-Einheit, reproducirt von Dehms 151.
Spectralapparat, Anwendung desselben zur optischen Untersuchung der Krystalle von Ditscheiner 211.
Spectralapparat für Microscope von Merz 390.
Spectroscop von Zöllner 287.
Spiegelgalvanometer zur objectiven Darstellung von Lang 6.
Stahlberger, Ueber einen Gewichtssatz, dessen Gewichte nach Potenzen von 3 geordnet sind 10.
Stefan, Ueber die Grundformeln der Electrodynamik 57.
Steinheil, das Prüfen und Wählen der Photographen-Objective 193.
Talbot'sche Interferenzstreifen, durch planparallele Krystallplatten hervorgerufen von Ditscheiner 225.
Theorell's selbstregistrirender Meteorograph 121.
Thermometer, registrirendes am Stuttgarter Polytechnikum von Zech 92.
Thermometer für Maxima und Minima von Hermann & Pfister 314.
Tiefen-Thermometer von Johnson 317.
Wärme bei unterbrochenen Inductionsströmen, über dieselbe von Jamin & Roger 380.
Wärmecapacität von Flüssigkeiten, neue Methode zur Bestimmung derselben von Pfaundler 59.
Wagen und Wägen von Zech 102.
Wage zu Wägungen mit blos 2 Gewichtsstücken von Ph. Carl 389.
Waltenhofen, Ueber die Grenzen der Magnetisirbarkeit des Eisens und des Stahles 120, 351.
Widerstands-Einheit von Siemens, Reproduction von Dehms 151.
Wild's Polaristrobometer (Saccharimeter, Diabetometer) 338.
Zech, das registrirende Thermometer des Stuttgarter Polytechnikums 92.
Zech, Ueber Wagen und Wägen 102.
Zöllner, Ueber ein neues Spectroscop nebst Beiträgen zur Spectralanalyse der Gestirne 287.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google